



PREMIS A TREBALLS DE RECERCA DE LA UdL
per a l'estudiantat de batxillerat i cicles formatius de grau superior

**El rellotge que ens controla. Estudi dels cicles
circadianis i del son en adolescents**

Meritxell Ferrer Morros

Tutor/a: Mercè del Barrio Arranz

Centre: INS Guindàvols (Lleida)

Data: 2019

El rellotge que ens controla.

Estudi dels cicles circadianaris i del son en adolescents



Títol: El rellotge que ens controla. Estudi dels cicles circadianaris i del son en adolescents.

Àmbit: Àrea d'Educació, Psicologia i Treball Social



ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
2. OBJECTIUS I PLANTEJAMENTS	2
3. CONEIXEMENTS PREVIS	3
3.1. Els Cicles Circadianis	3
3.2. Ritmes en la natura	6
3.3. Cronobiologia: la ciència dels ritmes biològics	8
3.4. Funcions dels rellotges biològics	9
3.5. Estructura i funcionament del sistema circadiari	11
3.5.1. Els nuclis supraquiasmàtics (NSQ)	11
3.5.2. La glàndula pineal i l'hormona melatonina	14
3.6. Ritmes de son i vigília	15
3.6.1. Regulació del son	16
3.7. Organització circadiana del cos humà	18
3.7.1. Ritmes d'alimentació	20
3.7.2. L'ordre temporal intern	20
3.8. Variacions dels ritmes	21
3.9.1. Jet lag	23
3.9.2. Torns de feina	24
DEMOSTRANT L'EXISTÈNCIA DELS CICLES CIRCADIARIS	27
4.1. Disseny experimental	28
4.2. Resultats obtinguts, anàlisi i discussió	34
4.3. Conclusions	52
ÉS DORMIR TAN IMPORTANT COM SEMBLA?	53
5.1. Els hàbits de son dels adolescents	54
5.2. Els adolescents davant dels exàmens	85
5.3. Higiene de la son	98
6. CONCLUSIONS FINALS	101
7. REFERÈNCIES	104
8. ÍNDEX D'IMATGES	105
9. AGRAÏMENTS	108



1. INTRODUCCIÓ

The main goal of this worksheet is to find out what circadian cycles are and learn more about them. With the theory part, we want to understand what they are, why they exist, where they are formed and several other questions.

The experimental research is divided in two big parts with different purposes. The first part consists on demonstrating the existence of the circadian cycles by measuring some variables of the human body and seeing if it is possible to determinate a cycle based on those measuring results.

The second section of this worksheet, consists mainly on studying the sleeping hours on different people to determinate which type of sleepers they are, and also measuring the sleeping hours with a variable during periods of stress (like a week of exams) to see if people actually change their sleeping cycle in order to study or do other activities.

Quan vaig començar batxillerat, els primers dies de classe, el professorat va explicar com funcionaria la dinàmica de les diferents assignatures, una de les preguntes que em vaig plantejar va ser com podria sobreviure al curs, sabent que hi hauria deures cada dia i que les avaluacions podien tenir exàmens on entra tot el que portes fet de la matèria? La meua primera resposta va ser: “en dies normals encara podràs dormir bé, però el problema seran les setmanes d'exàmens”. El nostre rellotge biològic es veu moltes vegades alterat per culpa del nostre rellotge social, de tal forma que s'altera el biològic (que aniria sincronitzat amb les hores de llum) per tal d'estudiar o fer altres activitats durant les hores de dormir, i això s'observa sobretot en adolescents, que entre estudiar, sortir de festa, treballar, socialitzar per les xarxes... solen presentar un ritme biològic alterat per les circumstàncies i relacions socials

Parlant amb gent que cursa batxillerat com jo, cadascú té hàbits de son i estratègies diferents per estudiar, però a vegades sorprenen les maneres en que altres, o tu mateix, alteren les hores de son per poder optimitzar el rendiment i estudiar més.

Tenint en compte això, no em va semblar mala idea comparar les hores de son dels adolescents en períodes de vida normal i en períodes d'estrès, com poden ser les setmanes d'exàmens. D'aquesta manera, també es podien mirar les conseqüències dels desajusts d'horaris a nivell físic, mental i de rendiment.

Per altra banda la meua tutora de treball de recerca em va parlar d'una conferència a la que havia assistit sobre els ritmes circadianis. Sabent que el son segueix un cicle circadiari, per què no intentar demostrar que el nostre cos es basa en aquests cicles? Aquesta és l'altra part del treball: dissenyar un experiment per intentar demostrar l'existència dels cicles circadianis basant-nos en les dades recopilades amb el mateix grup d'estudiants de 2n de batxillerat.



2. OBJECTIUS I PLANTEJAMENTS

L'objectiu principal d'aquest treball és aprendre més coses sobre els cicles circadianis i relacionar-los amb els hàbits de son i vigília del l'alumnat de batxillerat.

Per fer aquesta tasca, hem pensat diferents plantejaments sobre qüestions relacionades amb el tema i hem decidit dividir el treball en dues parts tenint en compte el seu mètode de resolució.

La primera part s'anomena: **Demostrant l'existència dels cicles circadianis**, on intentarem respondre al plantejament:

- Com varien determinats paràmetres del cos humà al llarg del dia? D'aquestes mesures se'n pot establir un cicle o ritme?

La segona part és titulada: **És dormir tan important com sembla?**, amb la qual volem descobrir:

- Quins són els hàbits de son dels adolescents de l'Institut ?
- Com són els adolescents de l'Institut: matutins o vespertins?
- Com varien les hores de son-vigília i els ritmes circadianis en els períodes d'exàmens dels adolescents d'entre 16 i 18 anys?
- Quins efectes sobre l'organisme pot comportar l'alteració del cicle del son en una persona?
- Quines conseqüències té a curt i llarg termini aquest desajust del cicle del son?
- Com podria una persona prevenir les alteracions del cicle del son?¹

¹ (CAMBRAS & DÍEZ, 2014)



3. CONEIXEMENTS PREVIS

3.1. Els Cicles Circadianis

El pas del temps en general (dies, estacions...) condiciona les activitats humanes. Des del començament, ens hem adaptat per treballar de dia i descansar de nit. El pas de les 24 hores del dia, són el ritme diari dels éssers vius, és intern i biològic i condiciona la salut i el benestar. Però a vegades, ens guiem més per les hores que marquen els rellotges que no pel que ens diu el rellotge intern del nostre cos. I amb les noves tecnologies, hem fet desaparèixer d'alguna manera el pas de les hores i de les estacions.

El temps és un tema transcendental per a la humanitat, es pot tractar des de molts àmbits (física, filosofia, belles arts...) però és inquietant i engrescador. La nostra percepció és que el temps només avança cap endavant (per això el passat no retorna i cal viure el moment) però també podem veure'l com un cercle (la vida són una sèrie de cicles que es repeteixen), aquests cercles són els ritmes de la vida.

El temps no és només filosòfic. Conèixer el temps permet saber quan és el moment de fer segons quina activitat (per exemple saber quan és l'època de pluges per sembrar abans). Per això, des dels inicis de la humanitat, mesurar i quantificar el temps ha sigut imprescindible per organitzar la vida humana, i així hem creat calendaris i rellotges que prediuen els canvis de la natura.

La vida sense aquests estris seria molt més complexa d'organitzar. Per això va sorgir l'astronomia, que en els seus inicis seguia les constel·lacions per preveure els esdeveniments naturals. D'aquesta manera, es van acabar desenvolupant el calendari (organitza temps a llarg termini) i el rellotge (organitza el temps d'un dia).

Vivim en una societat que no sabia viure sense rellotges, però de forma natural, ja hi ha ritmes que marquen el temps de manera molt més precisa. Els éssers vius patim oscil·lacions en la nostra conducta i funcions pels ritmes de la natura, que és la manera dels organismes de mesurar el pas del temps. En la natura hi ha ritmes lents (una hibernació) però també de ràpids (el batec de les ales d'un insecte). D'aquesta manera, el pas del temps està marcat per canvis rítmics. Una persona té el ritme cardíac (70-80 vegades per minut) o el respiratori (13 cops per minut), que no podem aturar perquè sinó moríem. El cervell també té un ritme d'unes 15 oscil·lacions per segon. Algunes funcions rítmiques, indiquen el bon funcionament del cos.

Els ritmes varien entre les societats i les cultures, i cadascuna segueix una sèrie de tradicions periòdiques que donen estabilitat al seu ritme. Els rituals ens recorden el pas del temps i ens ajuden a organitzar-nos, com per exemple Nadal ens recorda que finalitza desembre i per tant l'any i que comença l'hivern.

Molts científics creuen en l'autoorganització, fenomen on un conjunt d'elements interaccionen entre ells per organitzar-se sense l'ajuda de cap agent extern. Això ho fan perquè al quedar-se aïllats, organitzar-se de forma rítmica generant oscil·lacions, els ajuda a estalviar energia. Hi ha ritmes perquè generen ordre, permeten una millor eficiència i permeten estalviar energia en la natura i els organismes.



És el mateix una oscil·lació que un ritme o un cicle? **Les oscil·lacions** són variacions periòdiques d'una magnitud d'un sistema, des d'un valor estable es produeixen desviacions amunt i avall que sempre tornen al valor estable. Amb les oscil·lacions també es pot produir el fenomen de ressonància, on dos ritmes, que no anaven sincronitzats, acaben sincronitzant-se per potenciar una qualitat de l'objecte amb l'oscil·lació. Un exemple és al donar una empenta a un gronxador, de manera natural tirarà endavant i endarrere fins que freni per la fricció de l'aire. Però, si per cada oscil·lació del gronxador endavant i endarrere rep una altra empenta, l'amplitud del gronxador cada cop serà més gran (fenomen de ressonància). En aquest cas, es potencia l'amplitud amb cada empenta i els dos ritmes que s'acaben sincronitzant són el balanceig del gronxador i el ritme que fem per empènyer-lo.

Els ritmes i cicles impliquen una successió d'esdeveniments que tenen lloc de manera ordenada en el temps. Però, un cicle és tota la successió d'uns esdeveniments en el mateix ordre, i un ritme, és la successió d'uns esdeveniments en un temps determinat que seria sempre el mateix, és a dir, és un cicle on el temps en que es tarden a produir uns esdeveniments és sempre el mateix. Els cicles indiquen l'ordre dels esdeveniments, i els ritmes, el temps que tarden a produir-se. **Un període** dins d'un ritme, és el temps que es tarda a produir-se una oscil·lació completa. Per establir si hi ha un ritme o no, cal fer mesures d'una variable durant un cert temps, i observar si es produeixen oscil·lacions periòdiques o no, i d'aquesta manera comprovar si es repeteixen els valors al llarg del temps.

El ritme es caracteritza per 4 paràmetres:

- **Període (T):** interval de temps en què el procés cíclic torna a començar (temps d'una oscil·lació completa). S'expressa amb T quan fa referència a un període per condicions externes, quan és un període característic de cada individu i el seu rellotge intern, es designa amb la lletra grega tau $T \tau$.
- **Amplitud (A):** representa la magnitud d'un ritme i el grau de variació entorn un valor mitjà. Es refereix sempre al valor central de la variable.
- **Acrofase:** es representa amb la lletra grega phi, ϕ , i és la fase alta del cicle, és a dir, la fase on la variable presenta el valor més elevat. Permet situar el ritme envers altres esdeveniments.
- **Valor mitjà** (és un paràmetre de la variable i no del ritme): s'utilitza per expressar la magnitud d'un ritme representant l'amplitud com un percentatge de la mitjana.

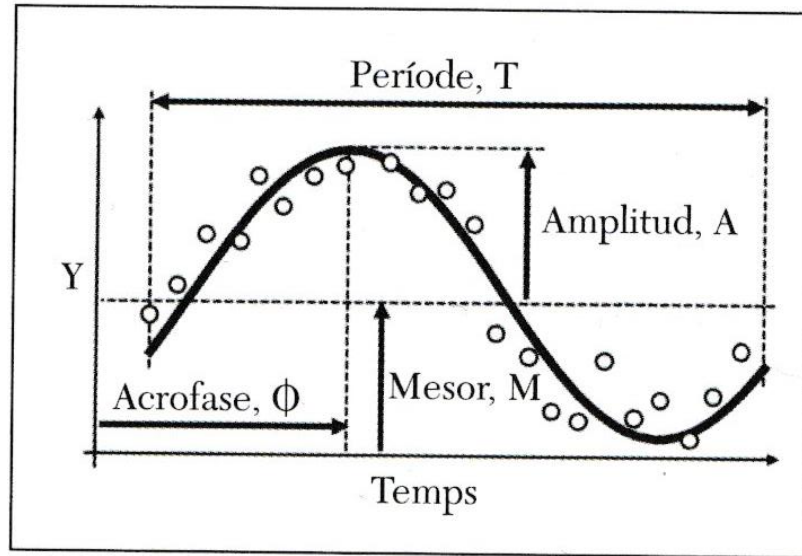
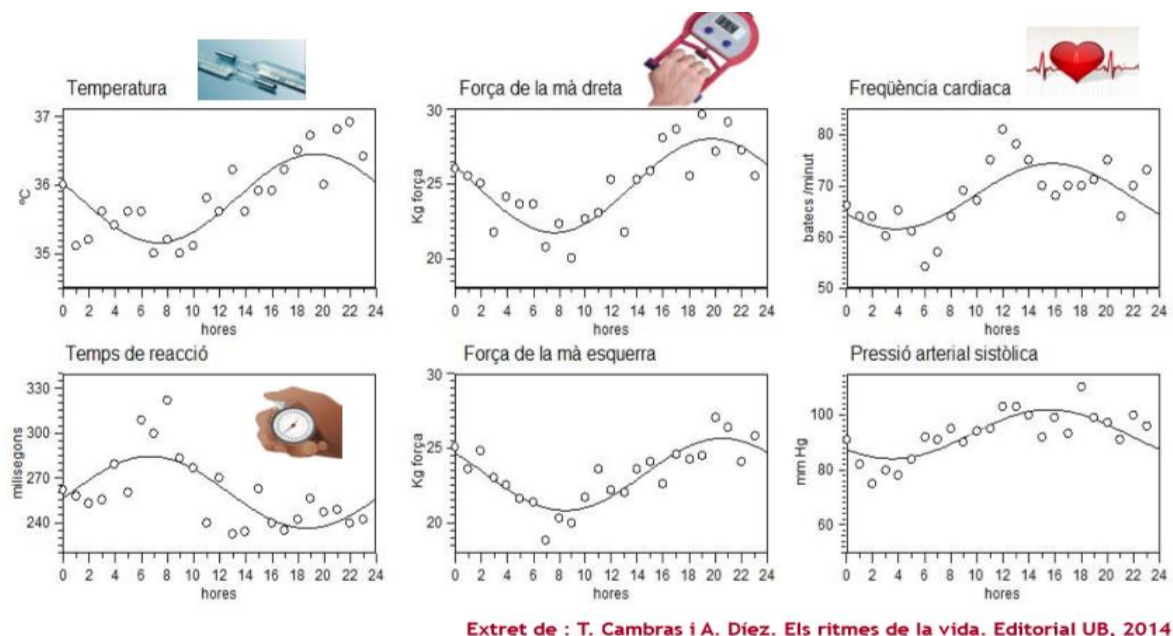


Figura 2. Els paràmetres d'una funció sinusoidal.

Imatge 1: Paràmetres d'una funció sinusoidal.

Font: CAMBRAS, T.; DÍEZ, A. (2014). *Ritmes de la vida, Els. Com la cronobiologia ens ajuda a viure millor*. 2 ed. [S.L.] Edicions Universitat Barcelona. ISBN: 9788447537983. Capítol 1 El pas del temps: la base del ritme Pàgina 29.

Finalment, les variables no tenen la mateixa distribució al llarg del temps. Les variables poden tenir màxims o patrons. Altres variables poden presentar una variació que segueixen un cicle sinusoidal (gràfica que segueix la funció matemàtica del sinus) i normalment resulta útil per estimar els paràmetres dels ritmes.



Imatge 2: Exemples de ritmes biològics del cos humà

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadianis i la seva importància en la salut"

<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadianis-i-la-seva-importncia-en-la-salut-trinitat-cambras>



3.2. Ritmes en la natura

La Terra és un planeta que podríem pensar que és molt poc constant: passa d'hores amb molta llum a hores molt fosques; de mesos de calor a mesos de fred; de mesos de sequera a pluges torrencials. Però aquests canvis es produeixen de manera periòdica en el temps, per tant, les lleis de la natura són l'ordre i la repetició de cicles als quals els organismes s'adapten per sobreviure. Amb l'evolució, hem escollit els ritmes que millor es sincronitzen amb els del nostre entorn.

La Terra gira sobre ella mateixa fent una rotació en un període de 24 hores i 4 minuts (no són 24 hores exactes com ens han fet creure des de que som petits), que generen el dia i la nit.

La Terra al principi era inhòspita, i no tenia la capa d'ozó a l'atmosfera, per la qual cosa els raigs solars eren molt potents. Les primeres formes de vida (eren aquàtiques) es reproduïen per la nit (per aquest fet es considera que eren nocturns) per no ser danyades pels raigs ultraviolats durant el dia, perquè quan les cadenes d'ADN se separen per fer la duplicació, són més susceptibles a patir danys. Amb els primers organismes que realitzaven la fotosíntesi oxigènica, els avantpassats dels cianobacteris actuals, es va poder formar la capa d'ozó, perquè al fer la fotosíntesis per obtenir energia, aquests organismes anaven desprenent O_2 i disminuint el nivell de CO_2 , i així, es va anar modificant l'atmosfera. Pels raigs ultraviolats, algunes molècules diatòmiques d'oxigen es van tornar monoatòmiques, i amb el temps, aquests àtoms d'oxigen es van unir amb una molècula de oxigen diatòmic formant ozó (O_3). L'ozó es va anar acumulant i va acabar formant la capa d'ozó avui present en la nostra atmosfera, la qual absorbeix el 95% de les radiacions ultraviolades. I gràcies a això, els organismes, a poc a poc, van començar a ser diürns.

El ritme més visible en els éssers vius és el d'activitat i repòs, on en unes hores es viu la vida i en les altres es dorm. Les persones són diürnes perquè viuen de dia i dormen de nit, i en canvi els mussols són nocturns perquè fan el cicle al revés. Cada espècie ha adaptat el seu cicle per tal de poder sobreviure. Estudiant el nínxol temporal, podem saber en quines hores els organismes es troben en fase de descans o d'activitat. La majoria d'animals o són diürns o són nocturns, però hi ha excepcions, com organismes crepusculars (són actius durant el moment de transició entre el dia i la nit) o d'altres que poden alterar el seu cicle de diürn a nocturn i viceversa en funció dels recursos del medi com alguns peixos i mamífers.

La Terra, a part de la rotació sobre si mateixa, també fa una volta al voltant del Sol (moviment de translació) cada 365,242 dies. Aquesta volta és la responsable de les estacions de l'any, que també condicionen la vida dels éssers vius. Per adaptar-s'hi, hi ha animals que migren o per exemple d'altres que hivernen. Amb el fotoperíode, els organismes poden saber les hores de llum i la tendència d'aquestes a allargar-se o escurçar-se. Si els dies es fan més llargs, s'acosta l'estiu, i si es fan més curts, l'hivern. Però no tots els animals capten la llum de la mateixa manera, i per això cada espècie té la seva estratègia per adaptar-se al pas de les estacions. Algunes estratègies són:

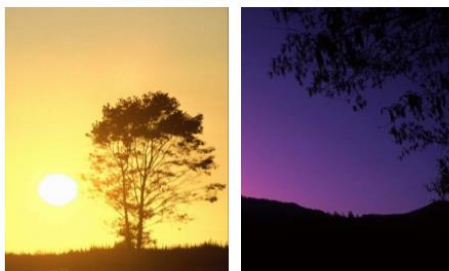
- **Migració:** els animals fugen del pas de les estacions, com anant d'un hemisferi a l'altre per no trobar-se el canvi d'estació. Les espècies que migren disposen d'un



rellotge biològic intern que els permet saber quan han de començar la migració i utilitzen el Sol com a referència per fer la migració.

- **Hibernació:** per fugir de l'hivern, les espècies s'amaguen als seus caus i es posen a dormir, mantenint-se inactius. Disminueixen el seu metabolisme i la seva temperatura corporal per tal de reduir la despesa energètica. Abans de començar la hibernació s'engreixen per tenir reserves energètiques amb les que sobreviure durant tot l'hivern.

Ritmes circadianis



Ritmes circanuals (estacionals)



Imatge 3: Exemple de ritme circadiari i de ritme anual.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadianis i la seva importància en la salut "
<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadianis-i-la-seva-importncia-en-la-salut-trinitat-cambras>

Una altra estratègia és centrar el seu període de reproducció en una determinada època de l'any (període de zel). Si tenen el període de gestació curt, es reproduïxen quan el dia és llarg (primavera). Els que tenen un període de gestació llarg (mesos de durada) es reproduïxen a la tardor perquè les cries neixen a la primavera. Predir l'època de l'any per aquestes espècies és important perquè sinó perdrien l'oportunitat de reproduir-se.

El ritme anual és important a escala col·lectiva i no solament individual, per sincronitzar tots els animals de la mateixa espècie i assegurar-ne la supervivència. Aquest ritme anual és el més llarg que experimentem les persones durant la nostra vida. Amb l'evolució, també ens hem adaptat a aquests ritmes anuals. Per exemple, tenim hormones que a part d'un cicle diari, també en presenten un d'anual; seria el cas del cortisol, que presenta màxims pel matí (cicle diari) i a la tardor (cicle anual). Estem condicionats pels canvis d'estacions.

El cicle Lunar, és la rotació de la Lluna al voltant de la Terra, procés que dura 28 dies. El cicle lunar, no afecta gaire a les persones, però es creu que va servir de mesura de temps per organitzar la societat. El cicle lunar però, sí que té un efecte en el moviment de les marees. Les marees es generen per l'atracció gravitatòria de la Lluna amb la força centrífuga dels oceans. Un cicle complet de marees dura 12,4 hores. Els animals que viuen en aquestes zones de l'oceà amb moviment de marees, s'hi adapten per



sobreviure, i inclús quan ja no es troben allà, el seu rellotge intern els marca el cicle lunar per seguir fent les activitats d'adaptació al canvi de les mareas.

La setmana no té un paral·lelisme amb els cicles de la natura, i no està demostrat que cap altre animal tingui un cicle setmanal. El més probable és que la setmana es creés socialment per tenir una mesura intermèdia entre el dia i el mes. Malgrat que ara la setmana té set dies, no sempre va ser així. Aquesta estructura de set dies permet crear una estructura social i cultural que és el ritme més proper a les fases de la Lluna, i seguir-lo potser ens atansa més als ritmes naturals.

3.3. Cronobiologia: la ciència dels ritmes biològics

La cronobiologia és la ciència que estudia els ritmes biològics. És l'estudi dels efectes del temps sobre els éssers vius. Aquesta ciència, es centra sobretot en l'estudi de ritmes semblants als de la rotació de la Terra i als de la seva translació.

L'homeòstasi són les condicions constants del medi intern on viuen les cèl·lules. Si aquest medi intern varia, les cèl·lules poden patir alteracions i fins i tot morir. Les cèl·lules necessiten un medi constant per sobreviure, i els mecanismes del cos s'organitzen per mantenir aquesta constància. Abans, les oscil·lacions d'aquesta constància es consideraven errors. Aquestes fluctuacions són en canvi el que proporcionen el bon funcionament de l'organisme ja que aquestes fluctuacions permeten adaptar-se als diferents canvis que pot experimentar el medi intern on viuen les cèl·lules. Així, es va introduir el concepte de reòstasi, que és quan els organismes adapten les seves variables internes per mantenir-les adequades, però també les adapta en funció del medi ambient.

La homeòstasi pot ser reactiva, si són el conjunt de mecanismes fisiològics que es desencadenen davant d'una alteració, o **homeòstasi predictiva si són les respostes anticipants als canvis que es poden produir**. L'anticipació és preveure un canvi, i la reacció és canviar als individus per a aquest canvi. Els mecanismes biològics són reaccions que s'anticipen a canvis. Per aquest motiu, **els organismes capaços de contar el temps i anticipar-se als canvis, són els que tenen més probabilitats de sobreviure**.

La unitat de mesura del temps és el dia, i tenint això en compte, es classifiquen els cicles en circadianis, ultradianis i infradianis.

- **Ritmes circadianis:** ritmes d'un període de més o menys 24 hores (oscil·len entre 20 i 28 hores). Són originats per l'organisme (endògens) i s'han format per adaptar-se als canvis entre el dia i la nit. Exemple: ritme de la son o les variacions de la temperatura corporal durant el dia.
- **Ritmes ultradianis:** ritmes de període inferior a 20 hores, i per tant, en un dia poden tenir més d'una oscil·lació. Exemple: el batec del cor (període d'un segon).
- **Ritmes infradianis:** ritmes de període superior a 28 hores, per realitzar un cicle complet es necessita més d'un dia. Dins d'aquest grup també trobem els ritmes circanuals. Exemple: migració d'aus.

La presència de ritmes en la natura es coneix des de fa molt temps, però no s'ha començat a estudiar fins fa relativament poc, fins que es va descobrir que aquests



ritmes eren inherents dels éssers vius. Els científics que es van dedicar a la cronobiologia, van establir que la ritmicitat és una propietat fonamental dels éssers vius.

Una breu història de les investigacions que han dut a la cronobiologia actual seria:

- a) **Identificar les oscil·lacions en els éssers vius.** Les primeres referències científiques sobre ritmes en plantes daten del 325 aC, d'Andròstenes de Thasos. Relata el moviment de fulles de *Tamarindus indicus* que durant el dia s'obren i a la nit es tanquen.
Sanctorius de Pàdua va ser el primer en descriure ritmes en humans, descrivint i estudiant els canvis de temperatura, respiració i pes corporal.
Una de les primeres referències científiques sobre les oscil·lacions en humans són de Julien-Joseph Virey. I va determinar que s'havia de tenir en compte l'hora del dia per prendre medicaments.
- b) **El caràcter endogen del ritme.** La independència dels cicles externs (naturalesa endògena dels cicles biològics) no es va descobrir fins al 1729, quan Jean-Jaques d'Ortous de Mairan va descriure els moviments periòdics de les fulles d'una espècie de mimosa. Va ser la primera referència d'un ritme en condicions constants (ritme endogen). Després al 1829, Augustin de Candolle, va determinar que la mimosa tenia un cicle de 22 hores en condicions constants i de 24 sota el cicle solar.
- c) **El rellotge biològic i el seu funcionament.** La importància de mesurar el temps en animals va ser provada per Gustav Kramer, que va demostrar que aus migratòries tenen un rellotge intern que actua com un cronòmetre per saber amb els moviments del sol quan han de migrar.
Curt Richter, va fer un estudi descrivint els ritmes circadianis com a fenomen endogen i va voler trobar on es generaven els ritmes anatòmicament. El resultat va ser que els ritmes es generen a l'hipotàlem gràcies als nuclis supraquiasmàtics (rellotge biològic).
- d) **La cronobiologia moderna.** L'inici d'aquesta ciència es marca l'any 1960, amb la celebració d'un simposi (proposat pels considerats fundadors de la cronobiologia moderna, Jürguen Aschoff i Colin Pittendrigh) on es va tractar la ritmicitat circadiana des d'un punt de vista evolutiu, i es va introduir per primera vegada el concepte de rellotge biològic. La cronobiologia es va iniciar demostrant la presència de rellotges interns i ritmes biològics en la majoria d'organismes. S'ha demostrat que la ritmicitat és universal i que ha estat present durant tota l'evolució. La cronobiologia s'utilitza en molts àmbits: en ciències biomèdiques, al món laboral (per determinar problemes associats als canvis d'horari), àmbit psicològic, etc...

3.4. Funcions dels rellotges biològics

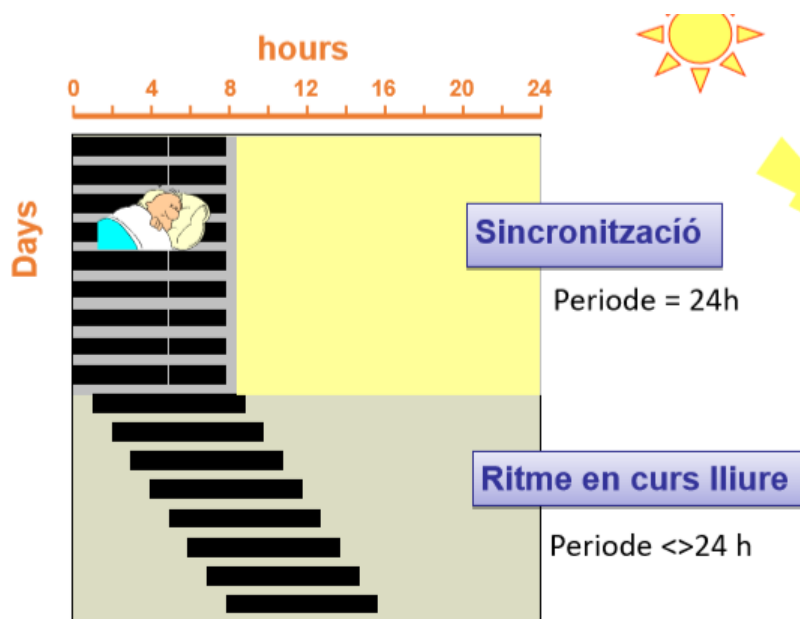
Els éssers vius tenim un sentit aproximat de la mesura de les hores del dia, com quan un humà sap dir aproximadament quina hora és o com quan un gos sap que en aquella hora arriba el seu amo. Existeix un rellotge extern amb hores establertes, i cada ésser viu té un rellotge intern que li marca quan ha de fer les seves activitats. De



manera natural, van sincronitzats (sabent l'hora d'un podem saber la de l'altre). La finalitat del rellotge intern és adaptar-se a les condicions rítmiques de la Terra. El nostre cos actua com un rellotge intern, i del bon funcionament d'aquest en depenen els ritmes circadiaris. El període endogen dels éssers humans és d'unes 25 hores, però que arrodonim a 24 ja que són les hores que té el dia i 25 és un nombre molt proper a 24,

Per saber si les respostes d'un organisme són endògenes, s'han de canviar les condicions ambientals a unes constants. En aquests casos, es diu que l'organisme es troba en condicions de "curs lliure" i l'organisme pot mostrar el seu ritme endogen sense influències externes. El període del ritme en condicions de curs lliure és característic i únic de cada espècie.

En un experiment de curs lliure, es mesuraran variables de l'organisme durant un cert temps. I llavors es podrà calcular el període del ritme endogen. Per fer-ho, es mesuren variables que no afecten el funcionament del rellotge biològic. Per fer aquests estudis en humans, es fa amb l'estudi de les rutines constants i amb els estudis d'aïllament. Actualment es realitzen en apartaments, que són recintes aïllats i permeten fer un control de les variables.



Imatge 4: Diferències entre un cicle de son-vigília normal i un cicle de son-vigília en curs lliure.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadiaris i la seva importància en la salut"
<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadiaris-i-la-seva-importncia-en-la-salut-trinitat-cambras>

Amb aquests experiments, s'ha demostrat que el cos de qualsevol organisme marca un temps intern, i que sense tenir referències temporals externes, els éssers vius seguim realitzant les nostres funcions de manera rítmica i periòdica, i alternant accions que faríem durant el dia amb les que faríem durant la nit, seguint un període. Això demostra que existeix un rellotge biològic. Els éssers vius no solen manifestar els seus ritmes en curs lliure perquè estan sotmesos a condicions ambientals que són cícliques. Però, certes persones cegues, poden experimentar ritmes en curs lliure perquè no són



capaces de sincronitzar el seu rellotge intern amb l'extern (no capten la llum del Sol i no el poden ajustar).

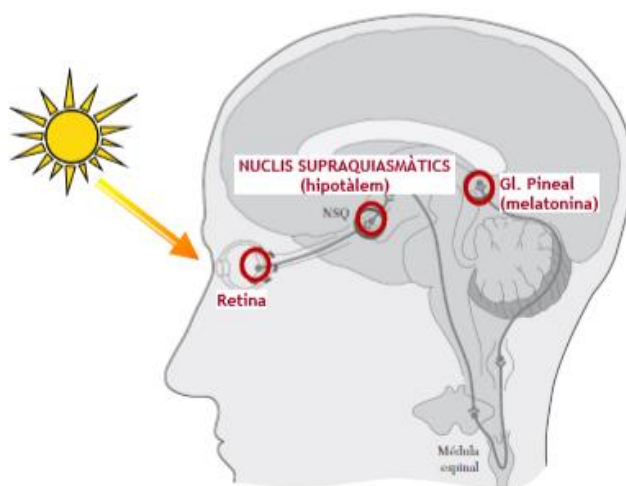
La funció del rellotge circadiari és donar una estimació interna del temps extern, per tant, el dia intern s'ha de sincronitzar amb l'extern. Per sincronitzar-se, el rellotge intern fa un procés d'encarrilament amb el rellotge extern, l'intern passa a tenir la mateixa llargada de dia que l'extern i la mateixa relació de fase. Aquest fenomen de **posar-se a l'hora** també s'anomena **Zeitgeber**. Per posar a l'hora el rellotge, fem servir l'alternança de llum i fosc, ja que la llum ens permet allargar i escurçar el dia intern. Quan la llum incideix al rellotge intern al principi del dia, el dia serà més curt i per tant, haurem accelerat el rellotge, mentre que si incideix al final del dia intern, el dia es farà més llarg, i per tant el rellotge anirà més lent.

3.5. Estructura i funcionament del sistema circadiari

Una de les qüestions més importants sobre els ritmes circadiaris és en quina part del cos es generen, és a dir, on es troba el nostre rellotge biològic. Aquest rellotge continuarà funcionant passi el que passi perquè sinó no seria útil. Aquest rellotge, també ha de poder adaptar-se i sincronitzar-se amb els canvis mediambientals i amb l'alternança de dia i nit.

3.5.1. Els nuclis supraquiasmàtics (NSQ)

Els primers indicis de la localització d'aquest rellotge biològic en mamífers és va situar a l'hipotàlem per Curt Richter cap al 1920. Però no és fins al 1972, on Friedrich K. Stephan i Irving Zucker d'una banda, i Robert Moore i Victor Eicher de l'altra, van concloure amb investigacions separades que la llum tenia gran importància en els ritmes, i per tant, van descobrir que el rellotge circadiari eren els **nuclis supraquiasmàtics (NSQ)**, i amb això, es van poder començar a mesurar els efectes del pas dels dies en els NSQ.



Modificat de: T. Cambras i A. Díez. Els ritmes de la vida. Editorial UB, 2014

Imatge 5: Llocs on es produeixen els cicles circadiaris biològics en humans.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadiaris i la seva importància en la salut" <https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadiaris-i-la-seva-importancia-en-la-salut-trinitat-cambras>

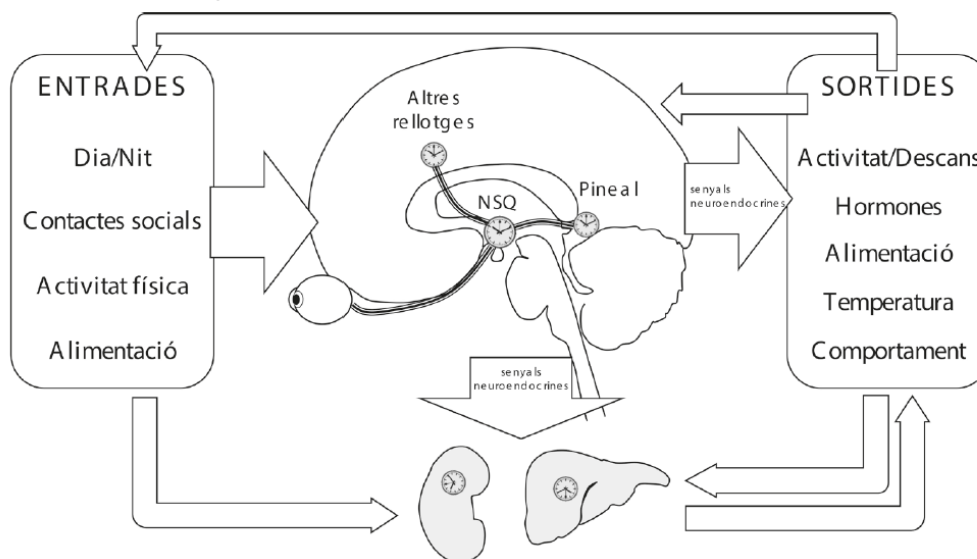


El sistema circadiari està format per estructures que generen ritmes, que sincronitzen els ritmes amb els cicles externs i que fan que l'organisme segueixi aquest ritme. Els NSQ són els oscil·ladors principals, les vies nervioses porten informació per posar el rellotge en hora i les vies de sortida porten les respostes establint ritmes en les variables.

Els nuclis supraquiasmàtics o NSQ són un conjunt de neurones que es troben a l'hipotàlem (a la part baixa del centre del cervell), aquest està format per nuclis de neurones que regulen funcions. L'hipotàlem coordina mecanismes de regulació, i és la unió entre els sistemes nerviós i endocrí, per tant regula la secreció d'hormones. Els NSQ estan formats per aproximadament 20.000 neurones comunicades entre elles. Quan es troben en el moment de més activitat, diem que actuen com si fos de dia i en els moments de menys activitat com si fos de nit.

Com sabem que els nuclis supraquiasmàtics són el rellotge circadiari?

1. Una lesió als NSQ fa perdre els ritmes. Si es produeix una lesió en aquesta regió, es perden tots els ritmes circadianis. En humans podria passar si un tumor es troba en contacte amb aquesta zona.
2. L'activitat elèctrica dels NSQ és rítmica. Aquestes, havien de funcionar autònomament i generant ritmes per si mateixa per poder ser el rellotge. Això es va provar amb tècniques que mesuraven l'activitat elèctrica de les neurones, i amb aquestes es va demostrar que tant els NSQ en conjunt com les neurones que les formaven, tenien canvis elèctrics espontanis que es produïen circadiàriament. Per això es diu que aquestes neurones podrien ser un rellotge per si soles però que treballen de manera acoblada generant un ritme únic.
3. S'han fet transplantaments experimentals de cèl·lules dels NSQ. Amb això es va veure que l'animal que adquiria cèl·lules NSQ d'un altre amb un cicle diferent, passava a realitzar el cicle de l'altre individu i no el seu. Així es va veure que els NSQ eren els responsables de la ritmicitat circadiària.



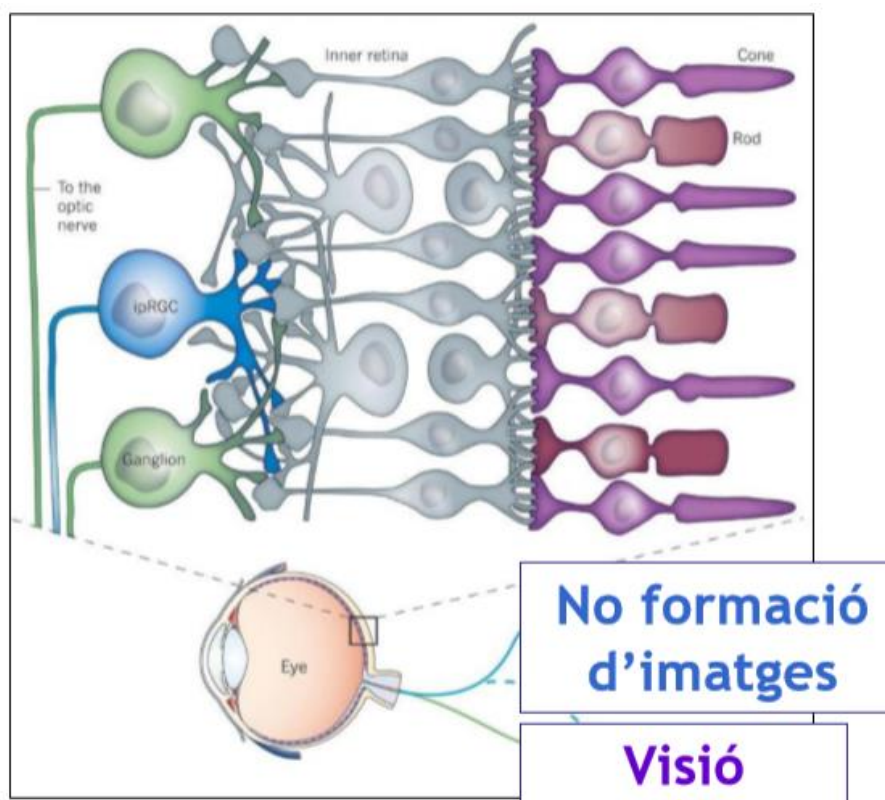
Imatge 6: Esquema dels principals components del sistema circadiari.

Font: A. Martínez Nicolás. A. Muntaner Mas. *Envel·liment del rellotge biològic*. ANUARI DE L'ENVELLIMENT. ILLES BALEARS 2016. Pag.4



El rellotge funciona per si mateix sense senyals externs (té caràcter endogen), però ha de poder posar-se en hora cada dia. Com que els ritmes circadianis es van crear per adaptar-se al cicle dia-nit, han de poder captar la llum, i en mamífers, només es pot fer a través dels ulls. Els ulls tenen dues cèl·lules especialitzades: els cons (visió diürna) i bastons (visió nocturna) que contenen opsines (proteïnes) que capten fotons. La llum captada pateix un procés de fototransducció, per tal de convertir-se en un estímul i poder ser enviat a les vies nervioses. Durant molt temps es va creure que només així s'enviaven estímuls des dels ulls fins al cervell, però es va trobar una espècie de ratolins que sent cecs responien a la llum. Això era degut a la presència en algunes cèl·lules de melanopsina, una proteïna que capta fotons i envia els senyals a través de les cèl·lules ipRGC directament als NSQ, i no via nervi òptic al centres de la visió.

El sistema visual té dos funcions, una productora d'imatges i l'altra, no formadora d'imatges i que té lloc gràcies al sistema d'irradiància. Aquest, fa funcions relacionades amb la llum que s'esdevenen quan aquesta arriba a les cèl·lules ganglionars amb melanopsina i envien senyals al cervell per fer funcions com posar en hora el rellotge, regular la mida de l'obertura pupil·lar, regular la secreció de melatonina per la glàndula pineal i regular el son i l'humor.



Imatge 7: El sentit de la vista té dues funcions: la visió i una no formadora d'imatges que serveix entre d'altres funcions per posar en hora el rellotge biològic.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadianis i la seva importància en la salut"
<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadianis-i-la-seva-importancia-en-la-salut-trinitat-cambras>

Els senyals generats pels NSQ se'n van a altres regions del cervell, i des d'aquí, s'envien senyals a la resta del cos, d'aquesta manera es distribueixen els senyals rítmics i es genera un ritme circadiari marcat pels NSQ que la resta del cos segueix.



Molecularment, les neurones dels NSQ presenten gens i proteïnes que s'alternen espontàniament en un ritme de període de 24 hores. Alteracions en aquests gens poden causar anomalies en el funcionament del rellotge.

Els primers estudis de la genètica dels rellotges es van realitzar en *Drosophila*, el 1971. El caràcter hereditari dels ritmes s'explica amb els gens rellotges, que són aquells que participen en la regulació del rellotge, entenent que certes patologies i tendències d'aquest poden ser hereditàries. La generació d'un ritme tindrà lloc per activadors i inhibidors dels processos de transcripció i traducció de gens i proteïnes. També cal tenir en compte que si aquests gens i proteïnes presenten variacions o es troben en quantitats inadequades, la velocitat del rellotge pot alterar-se.

Els gens rellotge no es troben solament al cervell, també es troben en altres òrgans del cos. Aquests òrgans tenen rellotges anomenats perifèrics perquè no estan al cervell, que és on hi ha el rellotge central. La presència d'aquests rellotges perifèrics indica que aquests òrgans poden generar ritmes, però al no ser neurones no ho poden fer de forma tan autònoma. El que fan és oscil·lar per les senyals periòdiques que reben dels NSQ. Els rellotges perifèrics poden posar-se a l'hora per l'acció de senyals rítmics o per hormones, i això pot causar un desajust entre els rellotges perifèrics i el central, i això pot provocar variacions en la salut de l'individu. Els NSQ marcaran sempre la hora del dia, mentre que els rellotges perifèrics podran canviar d'hora i desajustar-se en funció de circumstàncies ambientals.

3.5.2. La glàndula pineal i l'hormona melatonina

La glàndula pineal és un regulador de ritmes circadianis en mamífers. Es troba al centre del cervell i té la mida d'un pèsol. Ajuda a determinar la quantitat d'hores de llum d'un dia i a seguir el pas dels dies i de l'any. Aquesta glàndula secreta una hormona, la melatonina, que depèn exclusivament de la llum, per això només se secreta de nit durant l'absència de llum.

Aquesta glàndula és fotoreceptora, per tant respon a la llum. I en espècies més primitives, actua com un oscil·lador, per tant, aquestes espècies tenen dos rellotges interns, el de l'hipotàlem i el de la glàndula pineal. Això no passa en mamífers, ja que la glàndula no es capaç d'oscil·lar per si mateixa. **La melatonina es produeix de nit**, passarà per la sang i anirà a actuar a diverses parts del cos, i per això es diu que la melatonina és un cronobiòtic, perquè és una substància que actua sobre el rellotge biològic. La melatonina se secreta a la glàndula pineal segons un ritme que té el mateix període que el ritme dels NSQ, i per això el cicle de secreció d'aquesta hormona coincideix en nombre d'hores amb les que corresponen a la fase de nit del cicle dels NSQ.

La combinació dels NSQ i de la melatonina mesuren el pas dels dies però també el de les estacions. Els NSQ marquen el ritme diari, i quan apareix la melatonina s'indica que ens trobem en la nit. Per tant, quan els períodes d'aparició de melatonina són més llargs, vol dir que les nits són més llargues i que per tant ens trobem en l'hivern. **Utilitzar les hores de llum que té el dia (fotoperíode) per saber l'estació de l'any és el mètode més fiable ja que és l'únic que es manté bastant constant, la temperatura o les pluges varien d'un any al següent.**



La melatonina també indica als animals quan s'han d'aparellar (període de zel), perquè sabent el seu període de gestació, fan el procés reproductiu per tal de que les cries neixin sempre a la primavera perquè és quan fa bon temps. La sensibilitat al fotoperíode i la quantitat de melatonina en sang són la manera de conèixer en quina estació de l'any ens trobem per assegurar el naixement de les cries en una època de l'any on la seva supervivència està assegurada.

La melatonina en humans no afecta en l'àmbit reproductiu, perquè no hi ha avantatges de néixer en una estació o en una altra, ja que el temps de tenir cura del nadó fins que comença a saber fer coses per si sol és de dos anys. Però malgrat que per la reproducció els canvis d'estació no són importants, si som sensibles als canvis d'estació.

Pel que fa a la producció de melatonina, és molt més elevada durant la infantesa i disminueix en arribar a la pubertat. Per tant, en l'adolescència, com que disminueix la producció de melatonina fabricada pel cos, disminueixen també les hores de dormir dels adolescents, i per això, a mesura que s'avança en edat, disminueixen les hores necessàries de son reparador ja que disminueix la quantitat de melatonina produïda. Llavors la producció es manté constant fins a la vellesa, on a poc a poc va disminuint.

La llum durant la nit pot impedir la producció de melatonina per l'absència de foscor que es la que promou la seva producció, i això a la llarga pot portar problemes de salut.

La funció principal de la melatonina és marcar les hores de foscor per adaptar-nos a les estacions de l'any. Té altres funcions com ser un antioxidant del cos (neutralitza els radicals lliures que són substàncies nocives per tal de controlar els danys a l'ADN) i també regula el sistema immunitari.

No es considera adequat prendre suplementes de melatonina en cas de dèficit, perquè l'organisme té capacitat de produir-la. També se sap que la melatonina té com a precursora la serotonina (regula els estats d'humor), i prendre melatonina podria comportar la modificació de substàncies com la serotonina, i per tant s'alteraria tota la regulació de substàncies del cervell, que també afectarien de manera externa. S'ha de dir, que sí s'ha utilitzat per tractar el jet lag, però només s'obtenen resultats si es proporciona en una hora concreta tenint en compte els ritmes de l'individu, sinó pot ser contraproductiu.

3.6. Ritmes de son i vigília

El ritme circadiari més evident és l'alternança entre són i vigília. Som plenament conscients d'aquest ritme quan ens falten les hores de dormir i ho notem. Durant la fase de vigília estem actius, ens alimentem, relacionem, tenim la capacitat d'estar alerta, etc... i en la fase de son descansem, però per viure necessitem les dues.

Durant la fase de vigília és quan fem les tasques que requereixen més concentració o precisió. Durant la fase de son, descansem, però que fa el nostre cos exactament? Aquesta fase es caracteritza pel repòs motor i la reducció de la despesa d'energia, però no ens trobem en un aturada absoluta del cos perquè fem accions com somiar (només es fa durant la fase de son, i normalment es fa més d'una vegada cada nit).



El son transcorre en un període sense gaires alteracions corporals, però la falta de consciència és la que ens dona aquesta sensació, perquè per somiar hem de fer alguna activitat, i també fem canvis de posició entre d'altres. Per tant no dormint de forma uniforme, ho fem en fases.

Les fases del son les va determinar Eugène Aserinsky el 1951 amb l'electroencefalograma, EEG, que estudia els canvis elèctrics en les membranes de les neurones. La primera fase és l'endormiscament, (inici del son) on les ones EEG es fan lentes. La segona fase és el son d'ones lentes (les ones de l'EEG són ones lentes de gran amplitud). La tercera és el son profund (hi ha menys pressió arterial i freqüència respiratòria i una relaxació muscular). El son es considera reparador quan arriba a la fase d'ones lentes. Finalment, hi ha la fase del son paradoxal o son REM, on la relaxació és total excepte perquè els ulls comencen a fer moviments ràpids, i és quan es produeixen els somnis, i quan aquests s'acaben s'inicia el cicle de fases de nou. Amb cada cicle (90 minuts), la fase REM dura més i les altres menys, i tenint en compte que és en la fase de son profund on recuperem les energies perdudes, el son més reparador és el del primer cicle.

El son varia considerablement entre les espècies, per això és difícil establir-ne la funció. Durant aquest període de son, els animals es troben desprotegits i indefensos (les preses fàcils dormen amagades mentre que els depredadors dormen descoberts), i per això el temps de dormir varia entre els animals. Per exemple les girafes dormen dues hores i els lleons en canvi poden dormir un dia sencer. Els humans, a mesura que ens fem vells, anem reduint les nostres hores de son. **De mitjana les persones en edat adulta dormen entre 7 i 8 hores**, en alguns casos les persones dormen 2 o 3 hores, però diversos estudis consideren que el mínim haurien de ser 4 hores de son.

Durant la fase de son, realitzem les activitats de restauració del cos. El repòs d'aquesta fase, permet regenerar estructures d'òrgans i teixits i eliminar substàncies produïdes durant la fase activa. També es consoliden els records i els aprenentatges del dia. La qualitat del son també pot afectar la consolidació d'aquesta informació, perquè per consolidar la memòria, el cervell ha de fer moltes síntesis de proteïnes en zones poc compatibles amb l'activitat cerebral diürna. Durant el procés de consolidació, es guarden els records i la informació beneficiosa i s'elimina la informació no útil. Com els nens es troben en constant aprenentatge, han dormen més.

3.6.1. Regulació del son

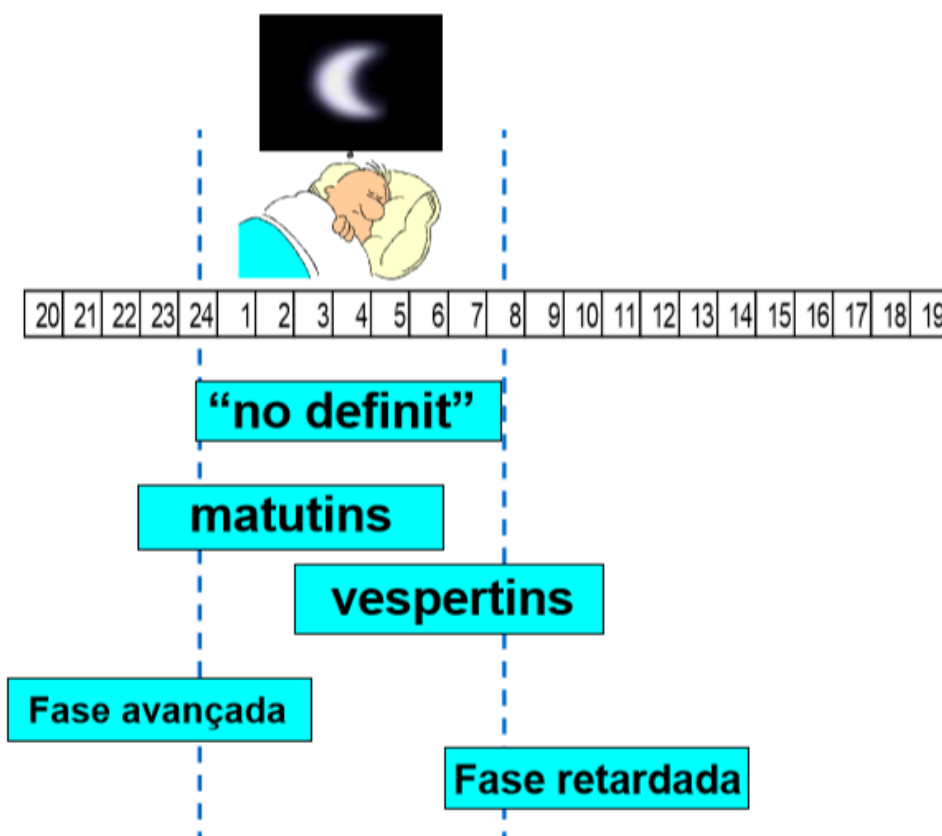
Anem a dormir perquè tenim son, però aquesta sensació de cansament, varia homeostàticament, és a dir, varia en funció del temps que fa que no ho fem, per tant, és com una variable que en assolir un valor determinat ens fa dormir i mentre dormim descendeix per tal de tornar a augmentar mentre estem desperts. En aquest cas, són uns factors (substàncies derivades de l'adenosina) que augmenten al no dormir i disminueixen mentre dormim. El son també està regulat de forma circadiana, i la combinació de les dues és el que dona la sensació de son. Les estructures que regulen aquesta sensació es troben al tronc encefàlic i envien senyals a altres zones del cervell.



La son varia circadiàriament (regulat per l'NSQ) i homeostàticament (relacionat amb el temps que fa que no dormim). Quan es passa una nit sense dormir, quan encara és fosc, la regulació homeostàtica és la que ens dona la sensació de son, però quan comença a fer-se de dia, la sensació desapareix per la regulació circadiària, que independentment d'haver dormit o no, com que veu que són hores de llum, creu que hem d'estar desperts.

L'hora en que tenim més son és quan hauríem d'anar a dormir (entre les 10 i les 12 de la nit). També s'ha estudiat la relació de la temperatura corporal amb la tendència a iniciar el son, i és observable que la temperatura corporal i els nivells de melatonina fan cicles completament oposats, i quan la temperatura corporal baixa, és quan tenim més tendència a adormir-nos.

La tendència a endarrerir o avançar l'hora d'anar a dormir correspon al que es coneix com mussols i gallines, i és variable en cada individu i be determinada pel seu genoma. Les persones matutines (gallines) tenen un cicle endogen més curt que el de les vespertines (mussols), per això les tendències entre ells varien. Els matutins prefereixen l'esmorzar, no prenen gaire cafè, xarren molt, poden despertar-se sense el despertador i s'adapten pitjor als canvis d'horari, i les vespertines prefereixen el sopar, prenen cafè sovint, necessiten el despertador, s'adapten amb facilitat als canvis d'horaris i tenen tendència a fer migdiades.



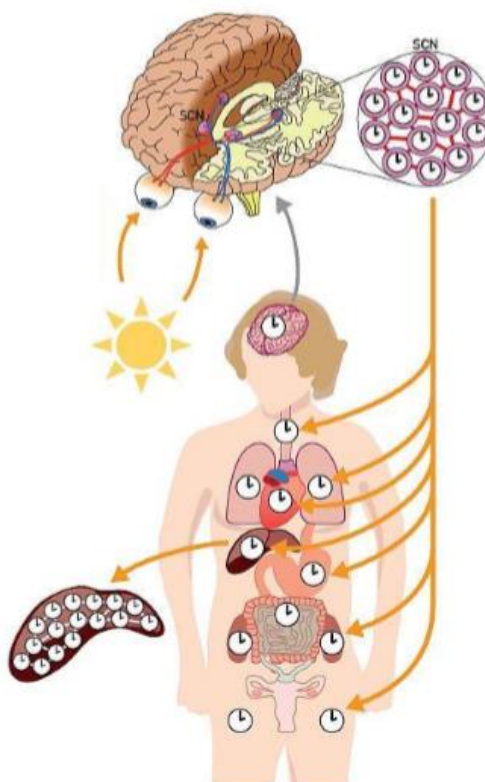
Imatge 8: Classificació de les persones segons l'hora a la que s'adormen i es desperten.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadianis i la seva importància en la salut "
<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadianis-i-la-seva-importncia-en-la-salut-trinitat-cambras>



3.7. Organització circadiària del cos humà.

La cronobiologia intervé en analitzar quan es fan les funcions del cos, obtenint així els ritmes circadiaris que ens diuen en quin moment del dia es realitza cada activitat. La cronobiologia és molt important en medicina perquè la majoria de les nostres variables (no es poden dir constants perquè no podem determinar-les amb una funció constant i per això les mesurem) varien durant el dia, i a més, conèixer els ritmes del cos permet trobar i arreglar desajusts quan es té una malaltia. Quan es mesuren les variables del cos humà i s'utilitza el terme constants, aquesta paraula es refereix als valors de referència. Els principals ritmes del nostre cos són de 24 hores i la coordinació de tots ells es fa en el NSQ, on el nucli supraquiasmàtic diu a cada moment qui ha de fer què.



Bollinger & Schibler. Medical intelligence, 2014

Imatge 9: Els NSQ regulant el cicle de son-vigília i regulen els ritmes de la resta de tot el cos.

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadiaris i la seva importància en la salut "

<https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadiaris-i-la-seva-importncia-en-la-salut-trinitat-cambras>

Sistema nerviós autònom té més de 100.000 milions de neurones amb més de 100 bilions de connexions entre elles. Regula l'organisme i la presència dels ritmes circadiaris en la seva activitat explica els de la resta de l'organisme. A l'hipotàlem, es creen els senyals que s'envien a través de nervis del sistema nerviós autònom (SNA) per poder fer les funcions autònomes, és a dir, les que ens permeten sobreviure i mantenir les funcions vitals. L'SNA està connectat amb tot l'organisme per connexió doble, amb el sistema nerviós simpàtic (SNS) i el parasimpàtic (SNP) amb funcions oposades. El primer, realitza els processos d'activació i manté l'estat d'alerta, i el segon, promou els estats de relaxació, afavoreix les reaccions anabòliques i redueix



l'estat d'alerta. Durant el dia és més actiu l'SNS i durant la nit l'SNP. Els rellotges biològics perifèrics marquen diferents canvis de funcionament al llarg del dia en els diferents òrgans i sistemes.

- **Sistema cardiovascular.** La pressió arterial és la força que fa la sang contra els vasos sanguinis, i al haver de regular la quantitat de sang que arriba als diferents teixits i òrgans, necessita molts mecanismes de regulació. Es regula amb el sistema nerviós autònom i tendeix a reduir-se un 10 o 15% durant la nit. La freqüència cardíaca segueix un perfil semblant al de la pressió, i tant una com l'altra, varien en funció d'altres factors que es regulen majoritàriament amb el SNA.
- **Coagulació de la sang.** Hi intervenen un gran nombre d'elements i substàncies amb la capacitat de coagular, que s'anomenen sistema de coagulació, o amb la capacitat de desfer coàguls espontanis que evitarien la distribució de la sang, que s'anomenen sistema fibrinolític. Es manté un equilibri entre els dos sistemes: es fan coàguls que després es desfan. Quan es produeix una trombosis o una embòlia, s'han causat perquè un o més coàguls no han permès el reg sanguini. El risc de coagulació és més alt al matí, degut al cicle circadiari, i això es té en compte per medicar amb coagulants i anticoagulants.
- **Sistema respiratori.** També presenta canvis circadianis. La capacitat d'aspirar aire és més gran durant la tarda i el mínim a la matinada, i la freqüència respiratòria també segueix un cicle semblant. I a més, també serveixen per manifestar el ritme metabòlic, ja que s'expulsa anhídrid carbònic, que també segueix un cicle circadiari.
- **Sistema digestiu.** Aquest també presenta un ritme diari en la producció d'àcids per degradar aliments i en la funció de buidar l'estómac. Hormones relacionades amb el menjar també tenen ritmes circadianis, i es tenen en compte alhora de fer tractaments perquè l'alteració pot perjudicar el pacient.
- **Fetge.** Una de les funcions principals del fetge és la depuració (degrada o inactiva substàncies tòxiques), la qual fa a través d'enzims que en majoria, es produeixen seguint ritme circadianis, amb la qual cosa, la funció de depuració també segueix un ritme circadiari.
- **Sistema renal.** El ronyó, com el fetge, és un òrgan depurador que filtra la sang per eliminar-ne les substàncies tòxiques. Es filtra molta més sang al començament de la tarda i el procés de filtrat disminueix molt a la nit, seguint un ritme circadiari on en un funció de l'acidesa del ronyó i com modifiqui aquesta les càrregues elèctriques de les molècules, es filtra més o menys.
- **Sistema endocrí.** Es basa en la regulació fent que les funcions del cos s'adeqüin a cada moment. Aquest sistema actua mitjançant hormones secretades per glàndules de forma rítmica. Aquesta secreció es regulada pels NSQ a l'hipotàlem.
- **Sistema immunitari.** Són les defenses del nostre cos, els leucòcits i limfòcits. A cada hora, la màxima activitat la tenen uns elements concrets, i aquest cicle d'hores és igual cada dia. Si s'alteren els ritmes del sistema immunitari, les defenses no seran tan efectives.



3.7.1. Ritmes d'alimentació

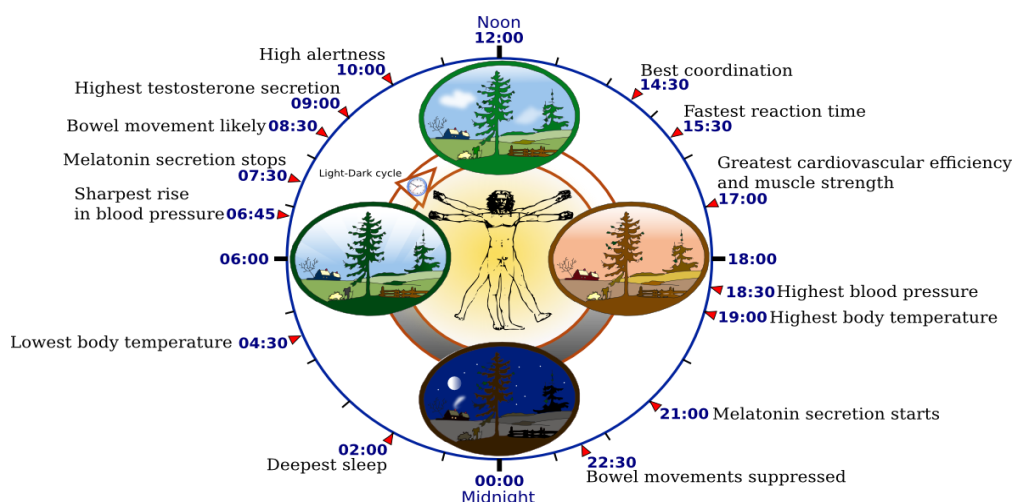
La cronobiologia planteja que les hores del dia per menjar són importants. Tenint en compte que el sistema digestiu és rítmic, si es menja cada dia a la mateixa hora, es sincronitza. Ens hem organitzat les menjades per tal de poder fer digestions i emmagatzematge de nutrients entre elles. També es va estudiar, si influïa menjar més aliment en una hora concreta, i es va concloure que al matí es metabolitza millor que a la tarda/nit. Per tant, el millor és ingerir aliments d'acord amb els nostres ritmes naturals per mantenir la nostra salut.

La crononutrició dins de la cronobiologia, estudia quan i què hem de menjar tenint en compte els ritmes biològics. Es recomana menjar més al matí que a la nit perquè a la nit, el tracte gastrointestinal és més lent, al matí es necessiten més nutrients per la despesa d'energia. Aquesta branca de la cronobiologia, també ens permet saber la composició adient a cada hora del dia, per exemple a la nit es toleren pitjor sucres i greixos.

3.7.2. L'ordre temporal intern

L'organització temporal del nostre cos correspon a una programació genètica que ens serveix per repartir rítmicament les nostres funcions. Aquests ritmes poden servir d'ajuda en la detecció de malalties, poden condicionar l'hora de prendre un medicament, etc...

Abans de llevar-nos, s'activen els senyals d'alerta del nostre cos. Se secreten algunes hormones i augmenta la freqüència cardíaca i la pressió arterial. En aquesta hora coagulem millor i necessitem aliments per cobrir la despesa energètica. A mig matí, serà quan la ment estarà més ben preparada per resoldre problemes. Després, tindrà gana, i després de menjar, tindrem un sopor que ens dificultarà l'atenció. A la tarda ens pujarà la temperatura corporal i tindrem el màxim de la nostra capacitat pulmonar, el millor moment per fer exercici. I amb l'arribada de la nit, tindrem son. Disminuirà la pressió arterial i algunes hormones, i s'incrementarà la fabricació de melatonina (disminuirà al començar el dia).



Imatge 10: Característiques d'alguns ritmes durant diferents hores del dia

Font: https://en.wikipedia.org/wiki/Circadian_rhythm#/media/File:Biological_clock_human.svg



Trencar els ritmes circadianis ens dona més predisposició a emmalaltir, i la manera més freqüent de trencar-los és amb els canvis d'horaris. Amb aquests canvis d'horari, apareixen alteracions metabòliques que augmenten el risc de patir certes malalties com la hipertensió i la diabetis. Si les persones tenen malalties cròniques (diabetis, insomni...) i es sotmeten a canvis d'horaris, poden tenir més risc de recaigudes o empitjorament. A vegades, com a conseqüència d'algunes malalties, el resultat és un desajust dels ritmes circadianis, com passa amb el càncer avançat.

L'autoritmometria consisteix en estudiar diferents variables del cos per fer un estudi i anàlisi dels ritmes del propi cos. La més simple és apuntar els horaris d'anar a dormir, i després fer una gràfica. Es podrà observar que segueix un patró circular que es va repetint. Algunes variables, requereixen també enregistrament durant la nit, s'haurien de mesurar mínim una vegada cada hora, i són variables com la freqüència cardíaca i la temperatura corporal. Fent gràfiques de les variables mesurades, podem determinar l'amplitud de l'oscil·lació i el moment de valor màxim (acrofase).

3.8. Variacions dels ritmes

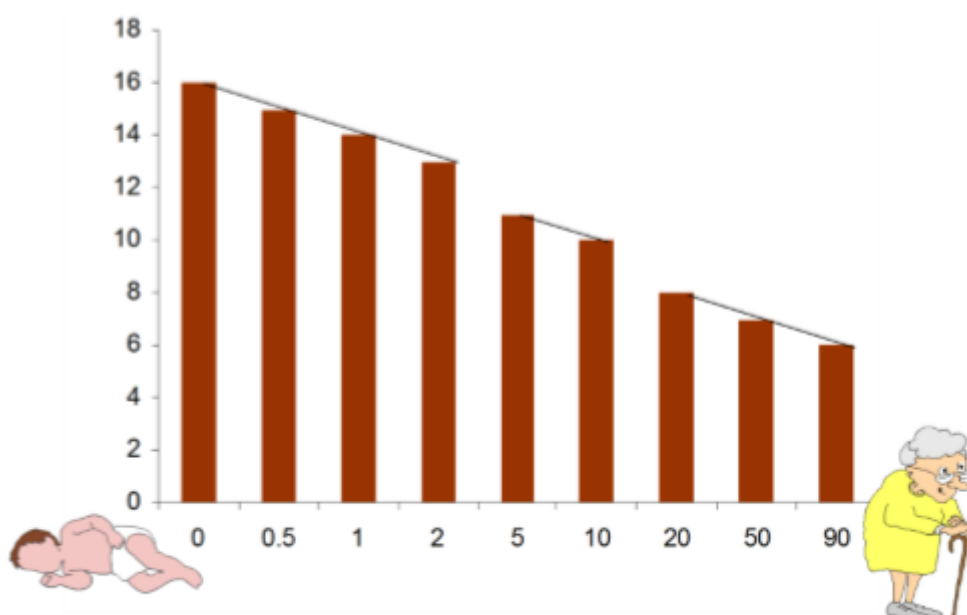
Hi ha persones, que per diferents motius, no poden seguir un ritme de 24 hores i no saben seguir horaris d'altra gent i es reflecteix en no poder dormir i tenir son quan no toca. Podrien estar provocades per un tumor a l'hipotàlem (afectant els NSQ), la vellesa o la ceguesa, també les persones amb alteracions genètiques que modifiquen la velocitat del seu rellotge circadiari, o poden estar alterats per causes externes, com el jet lag. Els ritmes, cal dir que presenten variacions amb l'edat i que s'han de conèixer.

Els nadons, normalment acostumen a no poder dormir més de 2 o 3 hores seguides a la nit, i es deu a la immaduresa del seu cicle circadiari. Un nadó necessita dormir unes 18 hores repartides al llarg del dia. Amb el creixement del nen, el rellotge s'ajusta i es va sincronitzant amb el ritme extern.

Els adolescents van retardant el seu horari d'anar a dormir, tendeixen a fer activitats a la nit. Com que van a dormir tard, es lleven tard, o el problema és llevar-se. Es creu que potser van a dormir tan tard per la maduració del rellotge, però també ho condicionen factors socials, ja que per exemple actualment amb Internet podem seguir mantenint relacions amb els companys i amb això aconseguen establir la seva pròpia identitat i desmarcar-se de la família.

Les persones grans tenen dificultat per mantenir el son, ja que la tendència a la seva edat és fragmentar el son (anar-se despertant durant la nit) i avançar l'horari (anar a dormir una mica més aviat del que era habitual), això provoca que alguns facin migdiada. La causa és l'envelliment dels NSQ (disminueixen la capacitat rítmica) i la glàndula pineal produeix menys melatonina amb l'edat.

La presència de senyals temporals pot disminuir en persones grans, i això pot ser causat per raons fisiopatològiques o per l'estil de vida de la persona. Es va perdent el contrast entre el dia i la nit, perdent les referències temporals, i si no es posa remei, la persona presentarà un ritme de curs lliure.



Imatge 11: Gràfic que representa la quantitat d'hores de son necessàries (eix de les y) en funció de l'edat d'una persona (eix de les x).

Font: Presentació de la Dra. Trinitat Cambras per a la conferència "Els ritmes circadianis i la seva importància en la salut" <https://www.slideshare.net/iceub/els-ritmes-circadianis-i-la-seva-importancia-en-la-salut-trinitat-cambras>

Mutacions presents al rellotge fan que la velocitat d'aquest sigui més ràpida o més lenta, amb la qual cosa el dia de les persones variï, i la seva sincronització amb els horaris normals també. Les persones que presenten el síndrome de la fase retardada del son no saben anar a dormir a hores normals i no ho fan fins a la matinada. També existeix el síndrome de la fase avançada del son, amb l'efecte contrari, les persones se'n van a dormir a les 8 i es desperten a les 3. Per solucionar aquests desajusts, s'hauria de fer un canvi d'horari progressiu i mantenir-lo fins que la persona torni als cicles normals.

Quan no es capten els senyals externs, es quan es manifesta el ritme de curs lliure i s'observen problemes de sincronització entre el ritme intern i extern. Els senyals de llum no arriben als NSQ i generen un ritme una mica superior a 24 hores, de tal forma, que amb cada dia que passa, el cicle se'ls va desfasant una mica, i per aquest motiu a vegades no dormen de nit perquè se'ls ha corregut el cicle. En aquests casos també es dona una pseudosincronització, sembla que la persona es troba sincronitzada però les seves variables internes no ho estan.

Altres factors com la presència de molta llum durant la nit i l'absència de llum durant el dia també pot resultar en l'alteració dels cicles circadianis.

3.9. Canvis d'horari puntuals

Amb la invenció de l'electricitat, les persones ja no ens llevem amb el Sol perquè tenim llum a qualsevol hora, i llavors podem fer activitats a qualsevol moment del dia i la nit. El fet de tenir horaris estipulats per nosaltres mateixos, pot fer que el nostre rellotge

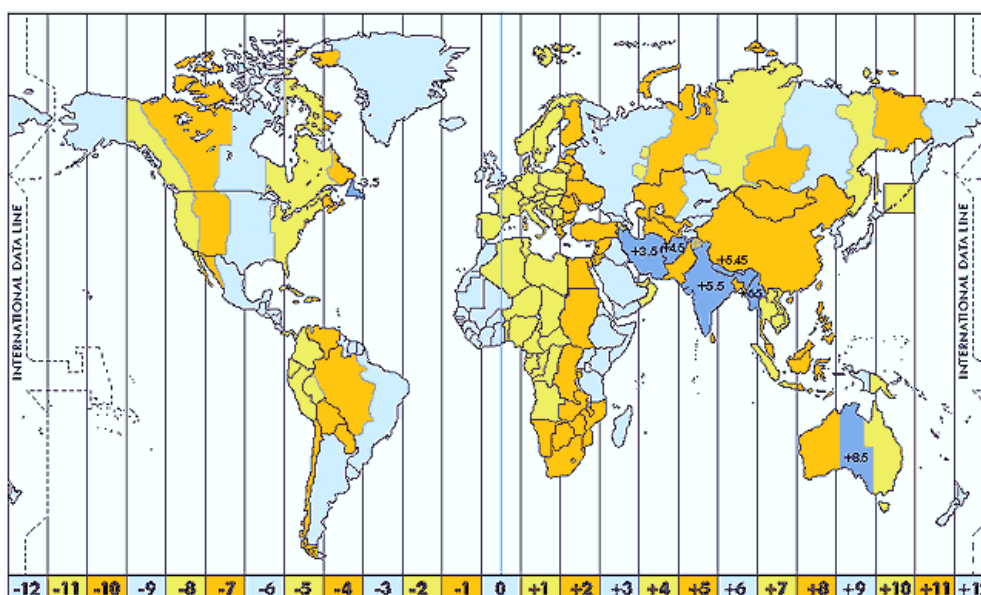


s'espatlli per no tenir un horari estable. Els rellotges biològics no estan dissenyats per adaptar-se a canvis d'horari massa grans.

Al arribar la primavera i la tardor, es realitza l'avançament i l'endarreriment d'una hora en el rellotge, respectivament. El rellotge biològic es veu obligat a adaptar-se una hora, cosa que fa relativament ràpid. És més favorable el canvi de tardor, perquè ja de per si el rellotge biològic tendeix a endarrerir-se, però el de primavera al ser un avanç contrari a la tendència del rellotge, necessitarà un parell de dies per adaptar-s'hi.

3.9.1. Jet lag

El planeta està dividit en 24 fusos horaris, d'uns 15° de longitud i amb una hora de diferència amb el fus adjacent. El meridià 0 passa una línia passant per Greenwich, i des d'aquest, els fusos que van a l'est van sumant una hora més i els que van cap a l'oest van restant una hora menys, tot i que hi pot haver certes excepcions.



Imatge 12: El planeta dividit segons els fusos horaris.

Font: <http://www.edu365.cat/primaria/faqs/social/hora.htm>

El jet lag és el malestar que tenim després d'un vol transmeridià creuant més de 5 fusos, i el malestar es deu al desajust que està patint el rellotge biològic. Els avantpassats no en van tenir mai perquè el seu desplaçament, al ser més lent, permetia anar-se adaptant lentament. El jet lag no depèn de les hores que pot durar un vol sinó del canvi d'horari, perquè si es fa un llarg viatge però sense travessar cap fus horari, la persona no patirà un desajust perquè l'hora del seu destí coincidirà amb la del seu rellotge intern. El jet lag produeix fatiga i incapacitat per dormir més freqüentment, també alteracions digestives (no tenir gana o estar massa ple). Aquests símptomes duren fins que el rellotge s'ajusta, uns 5 o 6 dies de mitja, però hi ha persones que tarden menys (tenen un rellotge més flexible que s'adapta més ràpid) o més. Mentre s'estigui ajustant, el nostre organisme patirà una desincronització interna, trencant-se l'estructura temporal del nostre cos.

El jet lag depèn de:



1. El nombre de fusos horaris travessats (com més fusos, més llarg el període de recuperació i reajustament).
2. La direcció del vol (majoritàriament, les persones tenen més malestar quan el vol es fa cap a l'est que cap a l'oest, i això es deu a que el nostre rellotge tendeix a endarrerir-se quasi una hora ja que és de 25 hores i no de 24. Anar cap a l'oest és anar a favor del rellotge, i anar cap a l'est és anar en contra, i per tant escurcem el dia en comptes d'allargar-lo si anem cap a l'est).
3. Les característiques de la persona, les persones matutines probablement s'adaptin millor a vols cap a l'est mentre que les vespertines s'adaptaran millor amb els que van cap a l'oest, l'edat també influeix, ja que els joves s'adapten millor als canvis d'horari perquè no han perdut capacitat d'adaptació com en el cas de les persones grans.
4. Freqüència dels canvis d'horaris. Les persones que per feina han de realitzar molts vols transmeridians de forma regular, solen patir de jet lag crònic perquè no s'acostumen mai als canvis d'horari i això pot danyar-los la salut.

S'ha d'acceptar que després d'un vol, es pot tenir jet lag i que aquest passarà al cap d'uns dies, no hi cap remei per superar-lo més ràpid però hi ha factors que ens poden ajudar a sentir-lo més suportable. S'ha de tenir en compte si al fer el viatge cal adaptar-nos a un nou cicle i si tenim temps suficient per adaptar-nos-hi. En viatges curts (un dia o dos) no cal adaptar-s'hi perquè de forma ràpida es tornarà al país d'origen. Aquesta adaptació s'ha de tenir en compte al planificar el viatge (la hora del vol pot afectar en estar més cansats). També es pot mirar de començar a adaptar-se abans de fer el viatge. I coneixent el nostre rellotge biològic, podem planificar les activitats que hem de realitzar per tal de posar-les a les hores adequades del cicle.

La llum ens ajuda a posar en hora el rellotge biològic, però a determinades hores pot avançar-lo i en altres pot endarrerir-lo. Per tant, per posar el rellotge en hora i adaptar-lo a un canvi d'horari, s'ha de rebre la llum en l'hora adequada per facilitar l'adaptació. Es sap que el rellotge es retarda quan s'exposen a la llum les 6 hores anteriors al mínim de temperatura i s'avança quan l'exposició és durant les 6 hores posteriors al mínim de temperatura. El mínim de temperatura es dona en la meitat del son. Per tant, després d'un vol a l'oest (endarrerir el rellotge) s'hauria de rebre llum al final del dia del lloc d'origen (tarda del destí evitant el matí del primer dia), i després d'un vol a l'est (avançar el rellotge) s'hauria de rebre llum a l'hora del despertar del lloc d'origen (migdia del destí evitant la llum de la tarda que faria l'efecte contrari i endarreria el rellotge).

3.9.2. Torns de feina

En la societat actual, no s'espera que la gent treballi només de dia i descansi de nit. Avui en dia, cada cop més gent treballa de nit per poder oferir serveis que es necessiten les 24 hores. Però aquesta alteració de l'horari es creu que pot generar problemes de salut, a més, hi ha més risc de cometre errors ja que són les hores on el rellotge està poc alerta. El problema de treballar a torns, és que una persona es pot trobar treballant quan el seu rellotge biològic li indica que és hora de dormir. Passar d'un torn diürn a un nocturn pot suposar tenir son en les hores laborals, no poder



dormir seguit per culpa de la llum del dia o pel soroll o simplement per intentar dormir en horaris contraris al del rellotge intern.

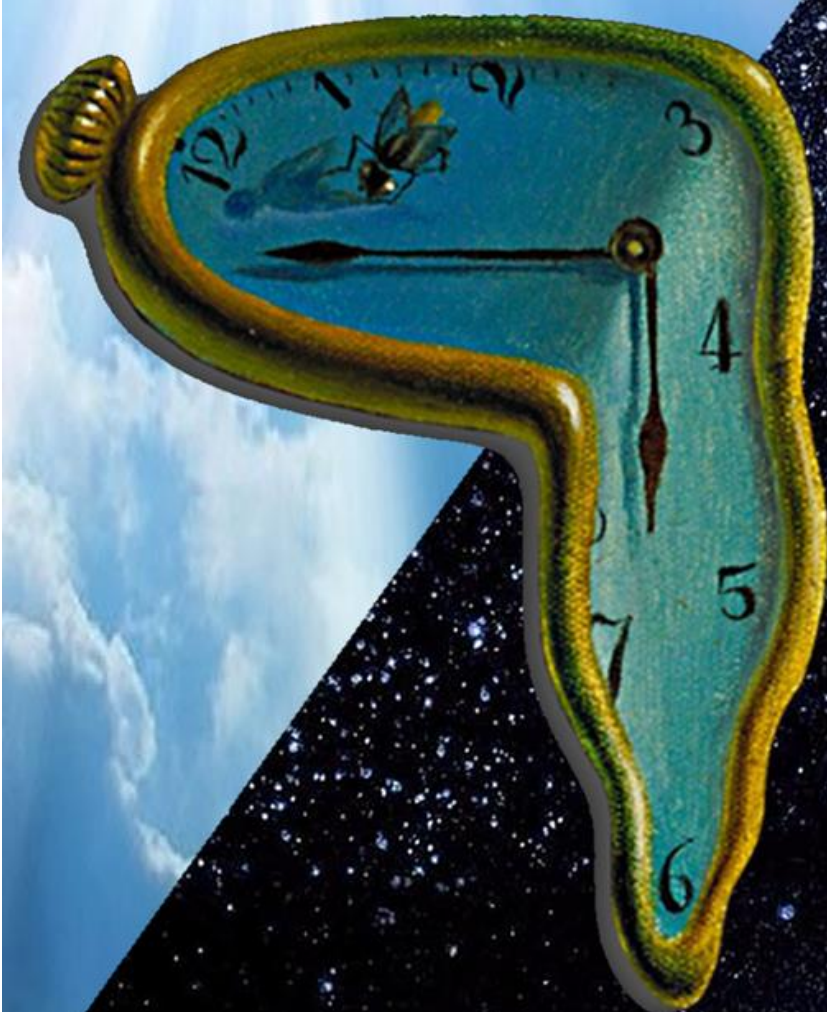
Alguns dels problemes de salut associats als canvis de torns o a portar horaris molt desordenats són l'insomni, l'estrès, la fatiga crònica, trastorns digestius, etc... que es deuen exclusivament al desajust del rellotge biològic intern. Per aquest es recomana el manteniment de rutines, ajustar la llum del nostre entorn amb l'activitat que estiguem fent, realitzar exercici físic en un horari concret, mantenir contactes socials ja que ajuda a mantenir l'hora del rellotge i mantenir un horari fixe per a les menjades.



Imatge 13: Les 24 hores del dia

Font: <https://www.reformahoraria.cat/les-24-hores-del-dia>

DEMOSTRANT L'EXISTÈNCIA DELS CICLES CIRCADIARIS





Aquesta part del treball es basa en la resolució del següent plantejament:

Com varien determinats paràmetres del cos humà al llarg del dia? D'aquestes mesures se'n pot establir un cicle o ritme?

La idea és poder demostrar l'existència dels cicles circadianis en el cos humà partint de les mesures de diferents paràmetres que hem trobat en la bibliografia. Amb aquestes mesures construir gràfiques de cadascun dels paràmetres escollits i observar si de les gràfiques, es pot extreure un ritme cíclic per a cada paràmetre.

4.1. Disseny experimental

A partir de la mesura de cinc paràmetres del cos humà, extrets de la recerca bibliogràfica sobre els ritmes circadianis per ser els més representatius i fàcils de mesurar amb l'utilitatge que disposem, què en aquest cas són **la freqüència cardíaca, la pressió arterial, la temperatura, la força de les mans i la rapidesa de reacció**², a un nombre concret d'individus d'entre 16 i 18 anys, fer un recull de dades en un període de 48 hores amb una mesura per hora. Amb les dades recollides, muntarem una gràfica per a cada paràmetre. Un cop construïdes les gràfiques, buscarem la funció que s'ajusta més a les nostres dades. Esperem que sigui una funció sinusoidal amb un període d'aproximadament 24 hores.

4.1.1. Variables o paràmetres que es volen mesurar

- **Variables independents**

- ✓ Temps
- ✓ Voluntaris (nombre, edat i sexe)

- **Variables dependents**

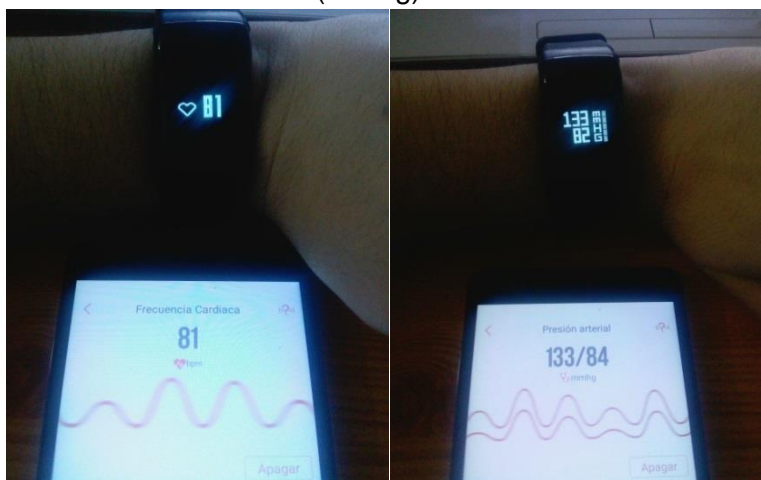
- ✓ Freqüència cardíaca
- ✓ Pressió arterial
- ✓ Temperatura
- ✓ Força de les mans
- ✓ Rapidesa de reacció

² (CAMBRAS & DÍEZ, 2014)



4.1.2. Utilitatge

- Per mesurar la pressió arterial i la freqüència cardíaca s'utilitzarà un fitbit (rellotge intel·ligent amb diferents funcions com comptar passos, mesurar la freqüència cardíaca amb un pulsòmetre, la pressió arterial amb un esfigmomanòmetre...) lligat a una aplicació via bluetooth que enregistra les mesures (WearFit 2.0).
 - Pulsòmetre: Instrument que mesura la freqüència cardíaca dels éssers vius. Es mesura en pulsacions per minut (ppm)
 - Tensiòmetre o esfigmomanòmetre: Eina sobretot d'ús sanitari que s'utilitza per mesurar la pressió sanguínia. Va ser inventat per Samuel Siegfried Karl Ritter von Basch Scipione Riva Rocci. Es mesura en mil·límetres de mercuri (mmHg)

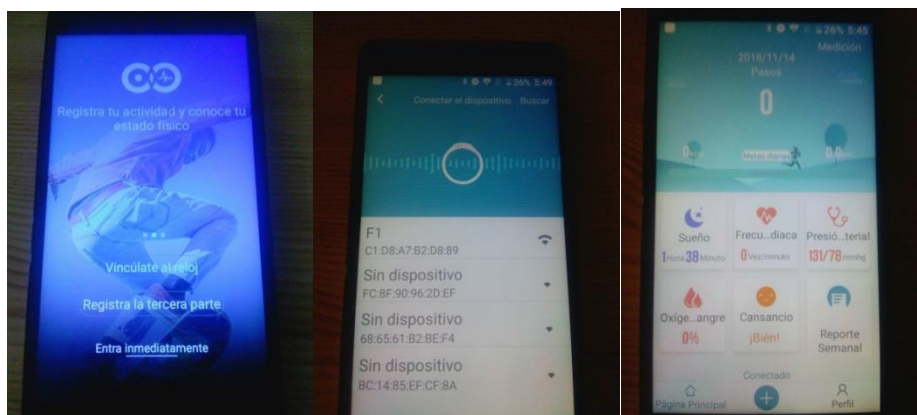


Imatge 14: mesura de freqüència cardíaca amb un FitBit

Imatge 15: mesura de la pressió arterial amb un FitBit

Font: Meritxell Ferrer

- Aplicació “WearFit 2.0”: aquesta aplicació permet vincular-te a un rellotge intel·ligent i enregistrar dins de l'aplicació les dades que va prenent el rellotge. A més, l'aplicació també et permet establir els teus objectius físics i comprovar l'estat del rellotge (bateria, connexió bluetooth, realitzar algunes funcions...). Aquesta aplicació pot enregistrar dades de freqüència cardíaca, pressió arterial, passos donats (km fets i kilocalories cremades, això va lligat als passos), hores dormides (fases del son dins de les hores dormides), nivell de cansament. Et fa un report setmanal del teu progrés o dels paràmetres amb valors límit i et permet fins i tot posar una alarma que fa vibrar el rellotge a la hora desitjada.



Imatge 16: aplicació WearFit 2.0

Imatge 17: opció de sincronització de l'aplicació WearFit 2.0 amb un rellotge intel·ligent via Bluetooth

Imatge 18: menú de l'aplicació WearFit 2.0 per tal de poder mirar les variables que enregistra el rellotge

Font: Meritxell Ferrer

- Per mesurar la temperatura es farà ús d'un termòmetre.
 - Termòmetre: És un instrument de mesura de la temperatura o dels canvis d'aquesta. Es mesura en graus centígrads (°C).



Imatge 19: termòmetre emprat durant l'experimentació

Font: Meritxell Ferrer

- Per mesurar la força de les mans es farà ús d'un dinamòmetre calibrat en kg.
 - Dinamòmetre: És un instrument de mesura de forces. Va ser inventat per Isaac Newton. La unitat internacional de mesura de la força és el Newton, per aquest motiu els dinamòmetres solen calibrar-se en newtons (N).



Imatge 20: dinamòmetre emprat durant l'experimentació

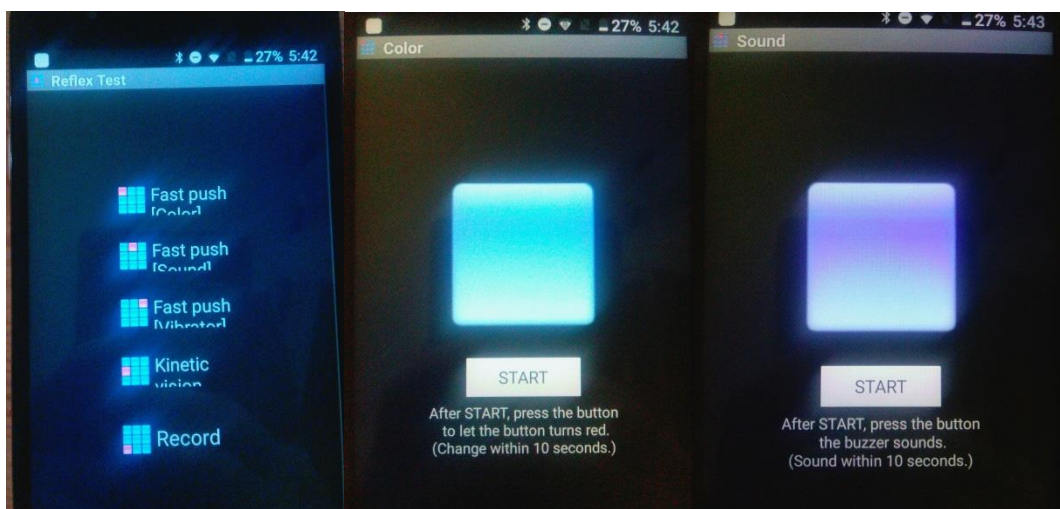
Font: Meritxell Ferrer

- Per mesurar la rapidesa de reacció s'utilitzarà una aplicació per a telèfons mòbils que mesura tres paràmetres de reacció diferents (color, so i vibració), i



per tenir un resultat més exacte a cada hora es mesuraran totes tres i dels resultats se'n farà una mitjana aritmètica.

- Aplicació “Reflex Test”: aquesta aplicació permet avaluar diferents rapideses de reacció i enregistrar-ne els temps realitzats. Té 4 modes, dels quals només utilitzarem 3: el primer és el “*Fast push (color)*” en el qual s’ha de prémer el quadrat blau de la pantalla quan aquest canvi a color vermell (es treballa la reacció a un estímul visual). El segon és el “*Fast push (sound)*” en el qual s’ha de prémer el quadrat blau de la pantalla quan el mòbil emeti un pítid (es treballa la reacció a un estímul auditiu). El tercer és “*Fast push (vibratior)*” en el qual s’ha de prémer el quadrat blau de la pantalla quan la persona que ho fa i està aguantant el telèfon, noti la vibració d’aquest (es treballa la reacció a l’estímul tàctil). El quart és “*Kinectic vision*” en el qual apareixen 12 quadrats blaus i s’han d’anar prement a mesura que canvien a color vermell i en l’ordre correcte. Aquest últim no el farem anar perquè és una reacció a un estímul visual i ja tenim el primer que també ho és, i perquè a l’haver de prémer 12 quadrats el temps es dispara en comparació als altres tres. Els temps realitzats es poden mirar a l’apartat de “Record” dividits per temps segons el mode.

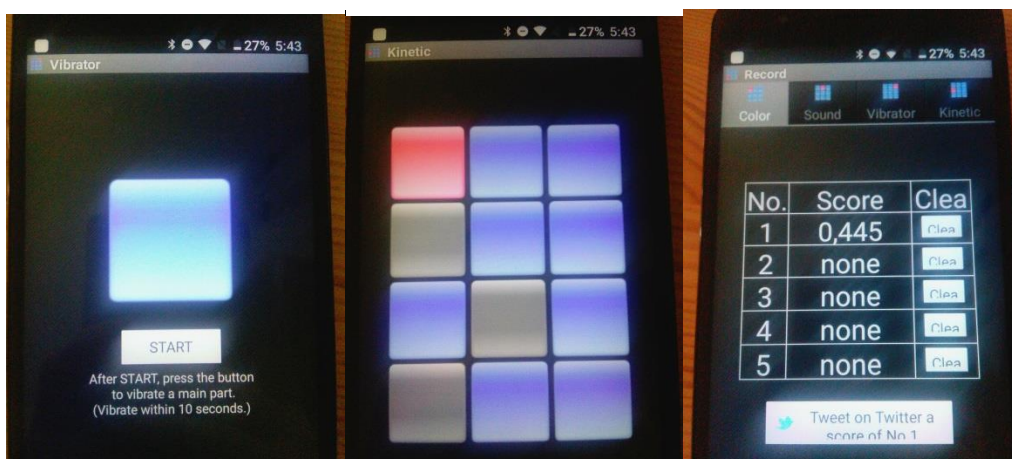


Imatge 21: aplicació Reflex Test per mesurar la rapidesa de reacció

Imatge 22: primer mode de l'aplicació Reflex Tets, mesura de la rapidesa de reacció pel canvi de color

Imatge 23: segon mode de l'aplicació Reflex Test, mesura de la rapidesa de reacció per l'emissió d'un so

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 24: tercer mode de l'aplicació Reflex Test, mesura de la rapidesa de reacció per la vibració de l'aparell

Imatge 25: quart mode de l'aplicació Reflex Test, mesura pel canvi de color de 12 quadrats en un ordre específic

Imatge 26: memòria de l'aplicació Reflex Test on consultar els resultats obtinguts en qualsevol dels 4 modes

Font: Meritxell Ferrer

- Tria de Voluntaris

Al veure que necessitàvem persones que poguessin realitzar aquest disseny experimental, vam decidir de fer-ho en adolescents ja què és la franja d'edat en la que em trobo, i vam pensar que seria interessant realitzar tot l'estudi en adolescents que habituen a portar vides desordenades per veure si en ells també es possible determinar un ritme cíclic. D'aquesta manera, vam acotar una mica més la mostra a estudiants de segon de batxillerat, doncs era el curs que començaria havent acabat l'estiu. Finalment, vam decidir fer aquest disseny experimental en dos nois i dues noies per tal de tenir mesures d'ambdós sexes.

4.1.1. PROCEDIMENT

Els passos que s'han seguit per prendre les mesures de cada variable són:

1. Aconseguir 4 voluntaris amb els quals poder passar 48 hores seguides (no cal fer les 4 persones a la vegada, es pot fer de una en una).
2. Explicar el funcionament dels estris de mesura al voluntari.
3. A una hora concreta començar a fer mesures (en el meu cas, vaig començar la pressa de mesures de tots els voluntaris a les 12 del migdia) i anotar-les en un excel.
4. Cada hora punta (a la una, les dues, les tres...) prendre noves mesures de totes les variables.
5. D'aquesta manera, a les 12 del matí al cap de dos dies d'haver començat, es pren l'últim grup de mesures i s'anoten en l'Excel.



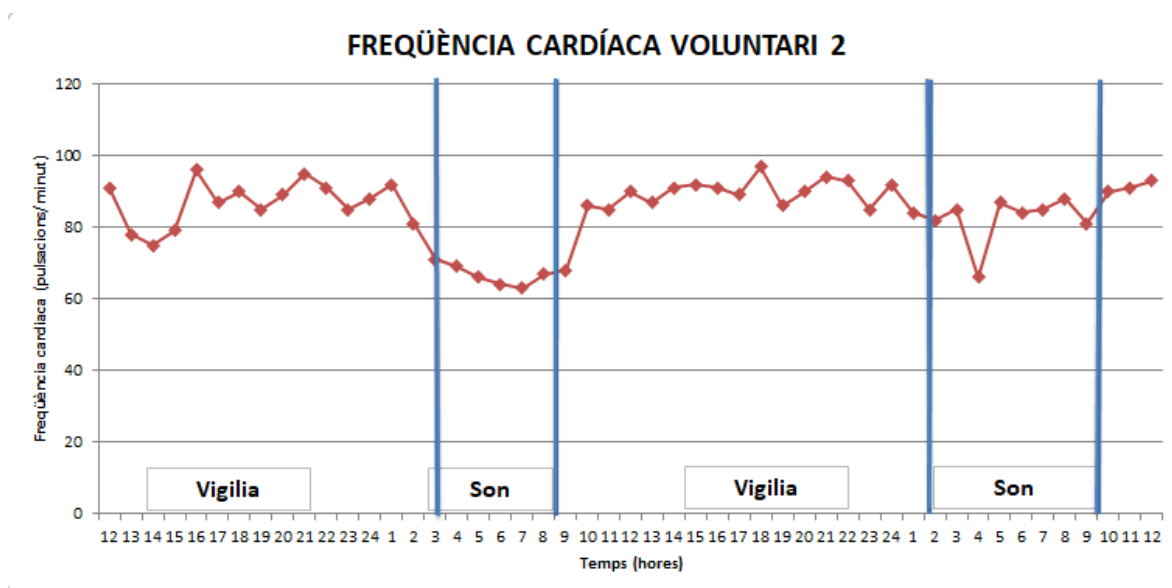
6. Un cop tots els valors es troben anotats en els excels, construïm gràfiques (una per variable i persona).
7. Buscarem amb l'ajut del programari CurveExpert la funció que millor s'ajusti amb el cicle teòric de cada variable, i cercarem si hi ha un alt valor de correlació entre els valors mesurats i aquesta funció matemàtica que correspongui a les variacions del cicle.
8. Observar i analitzar la gràfica feta amb Excel tenint en compte els resultats a *Curve Expert*, i concloure explicant si els resultats experimentals s'assemblen o no als esperats.



4.2. Resultats obtinguts, anàlisi i discussió

De totes les dades obtingudes amb les quatre persones voluntàries hem triat i analitzat, per a cada una de les cinc variables (freqüència cardíaca, pressió arterial màxima i mínima, temperatura, força de la mà dreta i esquerra i rapidesa de reacció) la del voluntari/a que ens ha semblat més representativa. El recull de totes les dades i taules es troba en l'annex 1.

Freqüència Cardíaca



Imatge 27: freqüència cardíaca del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

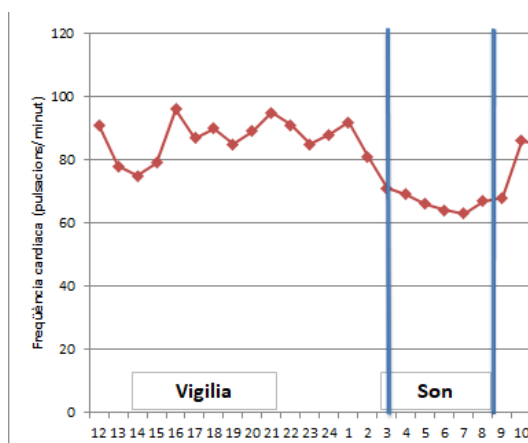
En aquesta gràfica, es pot apreciar una persona de pols bastant constant i regular ja que aquesta voluntària quasi no presenta pics sobtats, i segueix una línia constant amb pujades i baixades progressives.

Podem veure que aquesta persona té una freqüència cardíaca que oscil·la entre 80 i 90 pulsacions per minut, que entrarien en la mitja estàndard. Té algunes pujades, que deuen correspondre a moments posteriors a activitat física intensa, i baixades, que serien moments de tranquil·litat i poca activitat motora on s'està relaxat i les pulsacions poden baixar una mica.

Durant les hores de son, es poden distingir dues diferències clares: les primeres 24 hores, va dormir de les 3 a les 9 del matí, i fa una baixada de la freqüència cardíaca bastant important, arribant quasi a les 60 pulsacions per minut; en canvi les segones 24 hores, va dormir de les 2 a les 10 del matí, i tot i que els valors baixen respecte dels que té quan es troba desperta, la baixada del pulsacions no és tant elevada com la de les primeres 24 hores. Això podria ser degut a que quan un es troba immers en les fases del son (sobretot en la REM que és la reparadora) les activitats motores disminueixen, i si durant les hores de son del segon dia, la persona no hagués dormit bé i hagués estat poca estona en fase REM perquè s'anava despertant, es podrien entendre els resultats de la gràfica.



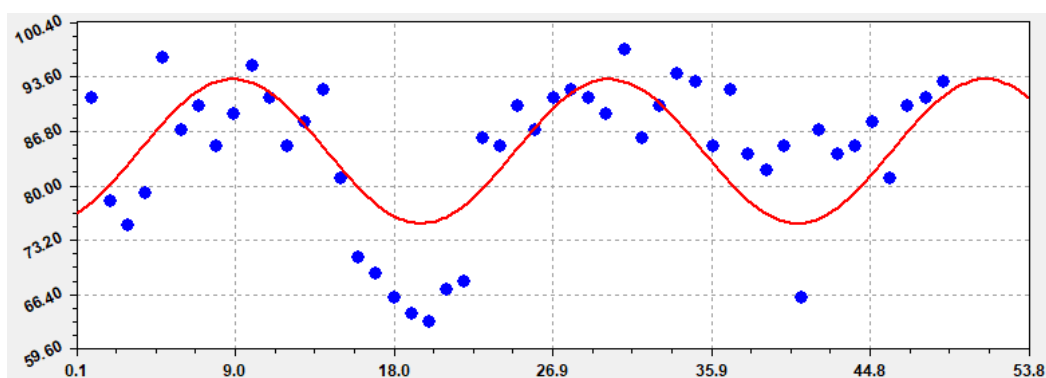
El més important a destacar és, tal i com podem veure en la gràfica, que la freqüència cardíaca disminueix abans de que la voluntària 2 se'n vagi a dormir, tan en la primera nit com en la segona, i que també comença a augmentar abans de que es desperti. Això prova l'existència dels ritmes circadianis ja que el rellotge biològic rellenteix la freqüència cardíaca per preparar el cos per dormir, de la mateixa manera que l'accelera abans de despertar-se per preparar el cos per tota l'activitat del dia.



Imatge 28: freqüència cardíaca del voluntari 2 només del primer dia

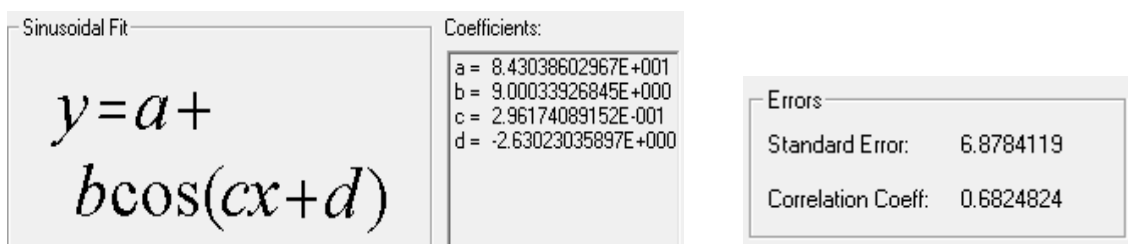
Font: Meritxell Ferrer

Observem aquí el gràfic del primer dia i veiem que és la que més s'ajusta al cicle teòric de la freqüència cardíaca: com es pot observar el gràfic presenta una clara tendència sinusoidal (es formen màxims durant les vigílies i mínims durant les hores de son) que comprovem amb el programa CurveExpert que ens proposa aquesta funció com la més ajustada a les nostres dades amb un **coeficient de correlació (r) de 0,68**.



Imatge 29: freqüència cardíaca del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 30: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la freqüència cardíaca del voluntari 2

Imatge 31: errors de la funció sinusoidal de la freqüència cardíaca del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 84,3 + 9 \cos(0,2961x - 2,63)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,296, podem esbrinar quan val el període del nostre ritme cardíac

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2961 \rightarrow 0,2961 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2961} \rightarrow T = 21,22h$$

$$T = 21h \text{ i } \left(0,22h \cdot \frac{60 \text{ min}}{1h}\right) = 21h \text{ i } 13 \text{ min.}$$

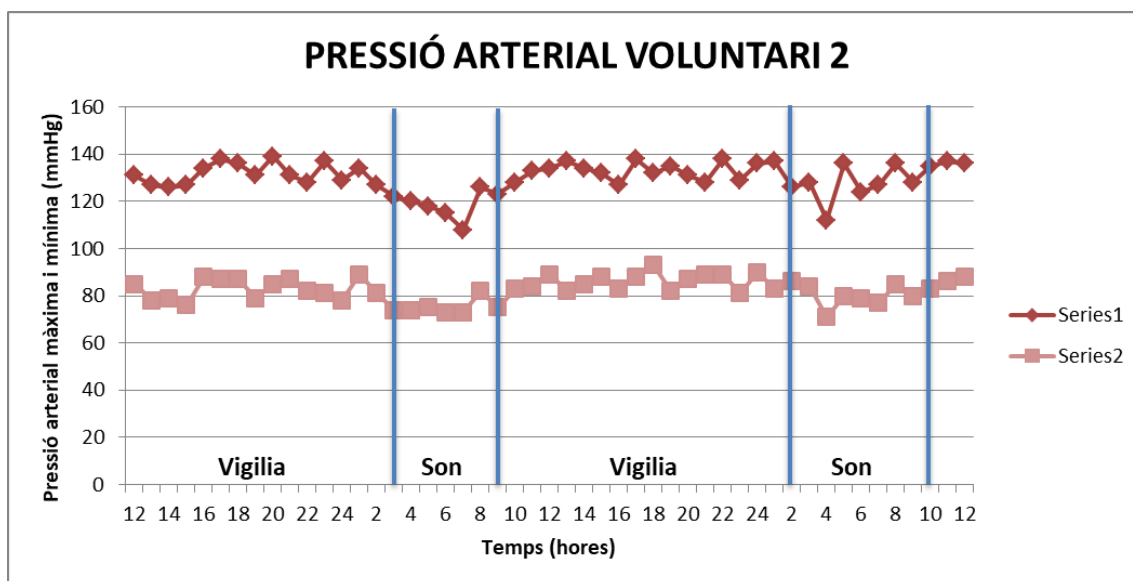
D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de freqüència cardíaca té un període de 21 hores i 13 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

$$E_{\text{relatiu}} = \frac{E_{\text{absolut}}}{v_{\text{experimental}}} \cdot 100 = \frac{|v_{\text{exp.}} - v_{\text{real}}|}{v_{\text{exp.}}} \cdot 100 = \frac{|21,22 - 24|}{21,22} \cdot 100 = \frac{2,78}{21,22} \cdot 100 = 0,131 \cdot 100 = 13,1\% \text{ d'error}$$

L'error comès sobre el valor real és del 13,1%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 21 hores i 13 minuts.



4.2.1. Pressió arterial



Imatge 32: pressió arterial màxima i mínima del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La pressió arterial és la pressió que exerceix la sang contra les parets de les arteries quan es bomba per arribar a tots els òrgans. Es mesura en mm de mercuri (mmHg).

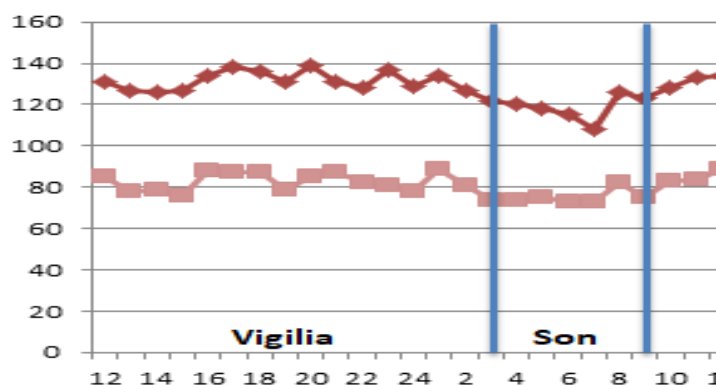
En aquest gràfic podem veure dues gràfiques de noms sèrie 1 i sèrie 2. La sèrie 1 (de color roig més fort) és la pressió arterial màxima, i la sèrie 2 (de color roig clar) és la pressió arterial mínima. Podem observar que aquesta persona experimenta més variacions en la pressió arterial màxima que en la mínima, però entre elles podem apreciar una similitud en els augments i les disminucions; això es deu a que el cicle circadiani de la pressió arterial és el mateix per la màxima que per la mínima.

Durant les hores de llum, els valors de pressió arterial màxima s'estabilitzen entre 120 i 140 mmHg i els valors de pressió arterial mínim s'estabilitzen entre 75 i 100 mmHg. En canvi, durant les hores de son la pressió arterial màxima s'estabilitza entre 100 i 120 mmHg i la pressió arterial mínima entre 70 i 80 mmHg. Durant el dia la pressió arterial és màxima perquè el reg sanguini també ho ha de ser per un òptim funcionament de tots els òrgans que necessiten els nutrients i l'oxigen que els aporta la sang en major quantitat que en les hores de nit degut a la major activitat que han de realitzar.

El voluntari 2, va dormir de les 3 a les 9 el primer dia i de 2 a 10 el segon. Durant aquestes hores de foscor, en canvi, la gràfica disminueix respecte dels valors en hores de llum, la qual cosa vol dir que, durant les hores de son, la pressió arterial adquireix valors inferiors als que s'obtenen durant les hores de llum. També observem que aquest canvi en produeix abans d'anar a dormir i ascendeix abans de despertar-se, com en el cas del ritme cardíac. Per tant el rellotge intern prepara el cos per a les hores següents ja que durant les hores de son la sang circula més lentament perquè la despesa d'oxigen i de nutrients, a l'igual que la producció de CO₂ i residus és molt menor degut a que també ho és la demanda d'energia. La sang circula més lentament,



però en cap moment s'atura el reg sanguini ja que sinó circulés la sang i no arribés a tots els òrgans, ens moririen al cap de molt poca estona (minuts).

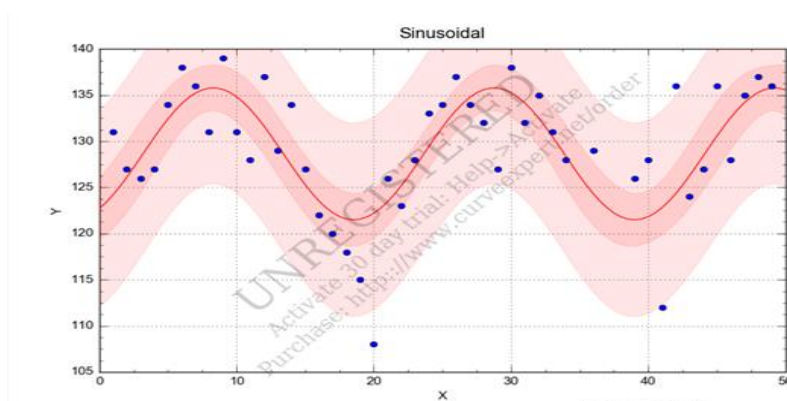


Imatge 33: pressió arterial màxima i mínima només del primer dia

Font: Meritxell Ferrer

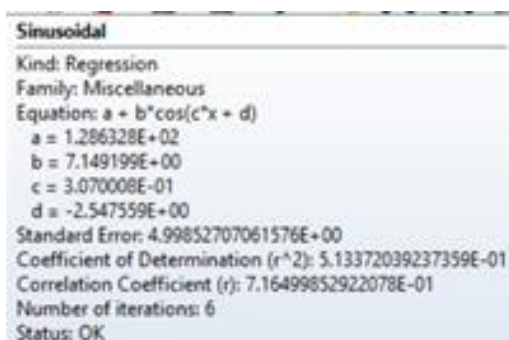
Si ampliem els gràfics del primer dia veiem clarament que les pressions màxima i mínima comencen a descendir dues hores abans de que la voluntària 2 se'n vagi a dormir i comencen a ascendir a partir de les 7 del matí tot i que ella es lleva a les 9h. La gràfica de la funció que més s'ajusta a la de la pressió arterial és la sinusoidal (es formen màxims durant les vigílies i mínims durant les hores de son). Comprovem amb el programa CurveExpert, que ens proposa aquesta funció com la més ajustada a les nostres dades amb un coeficient de correlació (r) de 0,72 en la pressió arterial màxima i de 0,58 en la pressió arterial mínima.

Pressió arterial màxima



Imatge 34: pressió arterial màxima del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 35: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la pressió arterial màxima del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 128,6 + 7,15 \cos(0,307x - 2,54)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,307, podem esbrinar quan val el període de la nostra pressió arterial màxima

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,307 \rightarrow 0,307 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,307} \rightarrow T = 20,46h$$

$$T = 20h i \left(0,46 h \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 h}\right) = 20h i 28 \text{ min.}$$

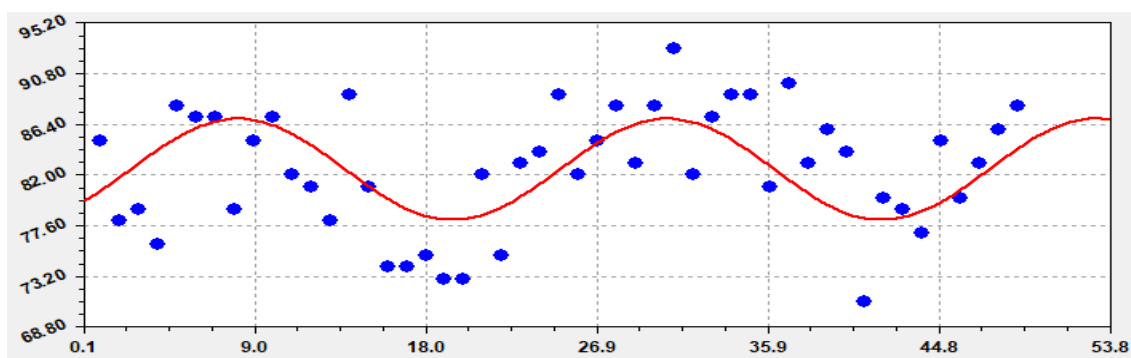
D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de pressió arterial màxima té un període de 20 hores i 28 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

$$E_{\text{relatiu}} = \frac{E_{\text{absolut}}}{v. \text{experimental}} \cdot 100 = \frac{|v. \text{exp.} - v. \text{real}|}{v. \text{exp.}} \cdot 100 = \frac{|20,46 - 24|}{20,46} \cdot 100 = \frac{3,54}{20,46} \cdot 100 = 0,173 \cdot 100 = 17,3\% \text{ d'error}$$

L'error comès sobre el valor real és del 17,3%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 20 hores i 28 minuts.

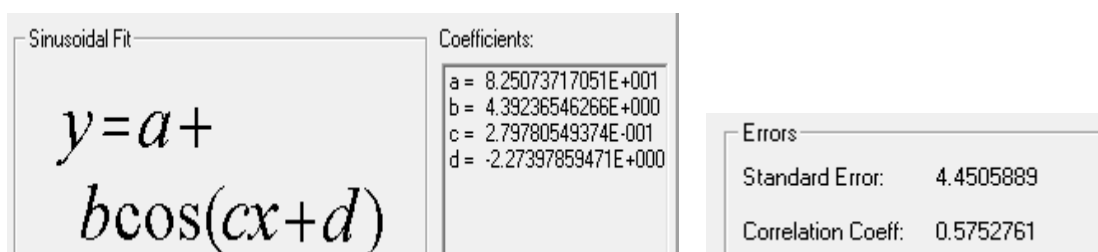


Pressió arterial mínima



Imatge 36: pressió arterial mínima del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 37: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la pressió arterial mínima del voluntari 2

Imatge 38: errors de la funció sinusoidal de la pressió arterial mínima del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 82,5 + 4,39 \cos(0,2797x - 2,27)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,2797, podem esbrinar quan val el període de la nostra pressió arterial mínima-

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2797 \rightarrow 0,2797 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2797} \rightarrow T = 22,46h$$

$$T = 22h i \left(0,46 h \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 h}\right) = 22h i 28 \text{ min.}$$

D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de pressió arterial mínima té un període de 22 hores i 28 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

$$E_{\text{relatiu}} = \frac{E_{\text{absolut}}}{v_{\text{experimental}}} \cdot 100 = \frac{|v_{\text{exp.}} - v_{\text{real}}|}{v_{\text{exp.}}} \cdot 100 =$$

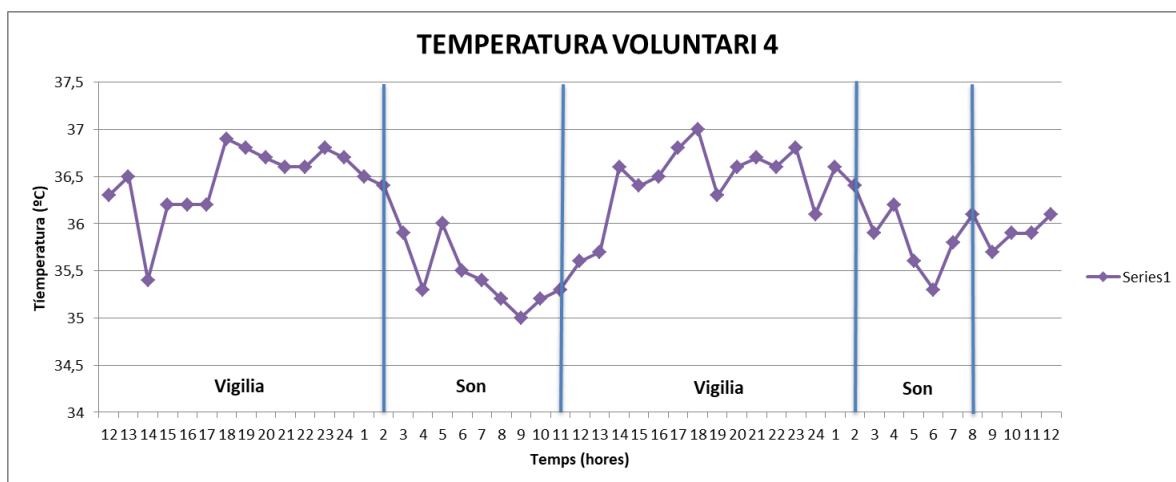


$$\frac{|22,46 - 24|}{22,46} \cdot 100 = \frac{1,54}{22,46} \cdot 100 = 0,0686 \cdot 100 = 6,86\% \text{ d'error}$$

L'error comès sobre el valor real és del 6,86%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 22 hores i 28 minuts.



4.2.2. Temperatura



Imatge 39: temperatura del voluntari 4

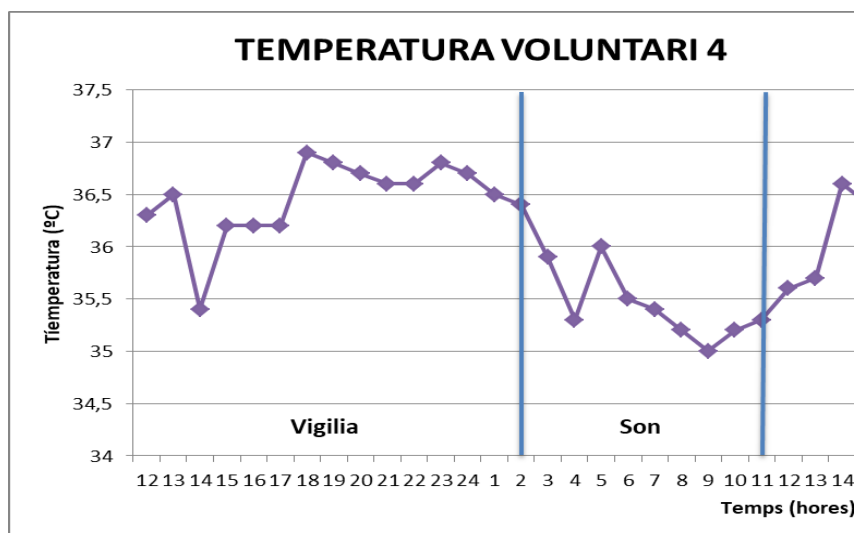
Font: Meritxell Ferrer

El voluntari 4 presenta una gràfica bastant regular, ja que les dades no mostren tants màxims ni mínims com en els altres voluntaris, com es pot observar la primera part de la gràfica és pràcticament contínua.

La temperatura d'aquest voluntari oscil·la entre els 35 i els 37 °C en períodes de 24 hores, és a dir, en 24 hores la temperatura ascendeix fins un màxim arribant a 37 °C, i disminueix, a continuació fins un mínim de 35 °C, i torna a començar el cicle.

Durant les hores de llum, la temperatura corporal es troba en els seus màxims, arribant fins als 37 °C. Quan comença a disminuir, ens trobem en el crepuscle, el Sol s'amagarà i sortirà la lluna, desapareixent la llum del dia i arribant la foscor de la nit. Això succeeix clarament tres hores abans de què vagi a dormir el primer dia, la qual cosa demostra que els ritmes circadianis regulen el nostre cos malgrat que nosaltres decidim anar a dormir posteriorment.

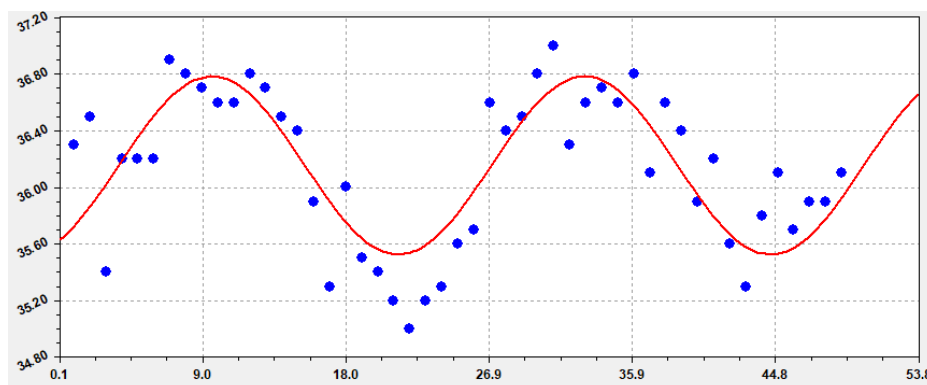
Durant les hores de son, que en aquesta persona van ser, el primer dia de les dues de la nit a les onze del matí, i el segon, de les dues de la nit a les vuit del matí, la temperatura es caracteritza per trobar-se en els punts més baixos. La temperatura corporal va descendint, fins que arriba un valor mínim. 35 °C, i a partir d'aquest punt, ja no disminuirà més, sinó que anirà augmentant. En el moment en que la temperatura comenci a ascendir, ja no ens trobarem en les hores de foscor, ens trobarem a l'alba. En aquest cas la temperatura comença a pujar a partir de les nou del matí del primer dia i de les sis del segon. En teoria si els ritmes interns i externs estiguessin ben sincronitzats, haurien de pujar a la mateixa hora o en hores similars, però també cal tenir en compte que en aquests experiments hi ha moltes variables que ens distorsionen els resultats.



Imatge 40: temperatura del voluntari 4 només del primer dia

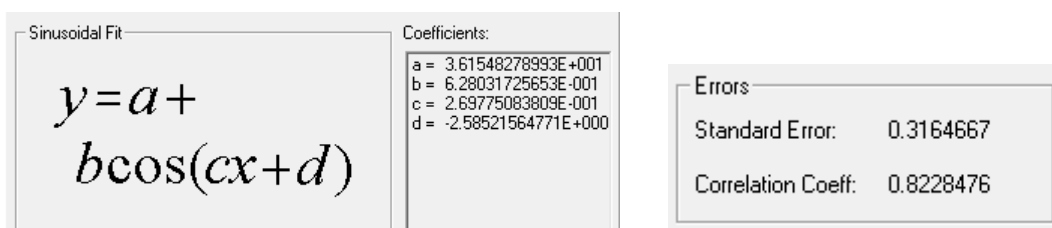
Font: Meritxell Ferrer

Ampliant les dades que corresponen al primer dia veiem que, exceptuant el grup de dades que va de les 14 hores a les 17 i la dada puntual de les 5 del matí, la gràfica que podem formar a partir de les mesures realitzades al voluntari 4 presenta una clara tendència sinusoidal, es formen màxims durant les vigílies i mínims durant les hores de son. Comprovem amb el programa CurveExpert que ens proposa aquesta funció com la més ajustada a les nostres dades amb un coeficient de correlació (r) de 0.82.



Imatge 41: Temperatura del voluntari 4 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 42: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la temperatura del voluntari 4

Imatge 43: errors de la funció sinusoidal de la temperatura del voluntari 4

Font: Meritxell Ferrer



La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 36,1 + 0,628 \cos(0,2698x - 2,59)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,2698, podem esbrinar quan val el període de la nostra pressió temperatura.

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2698 \rightarrow 0,2698 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2698} \rightarrow T = 23,29h$$

$$T = 23h i \left(0,29 h \cdot \frac{60 min}{1 h}\right) = 23h i 17 min.$$

D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de temperatura té un període de 23 hores i 17 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

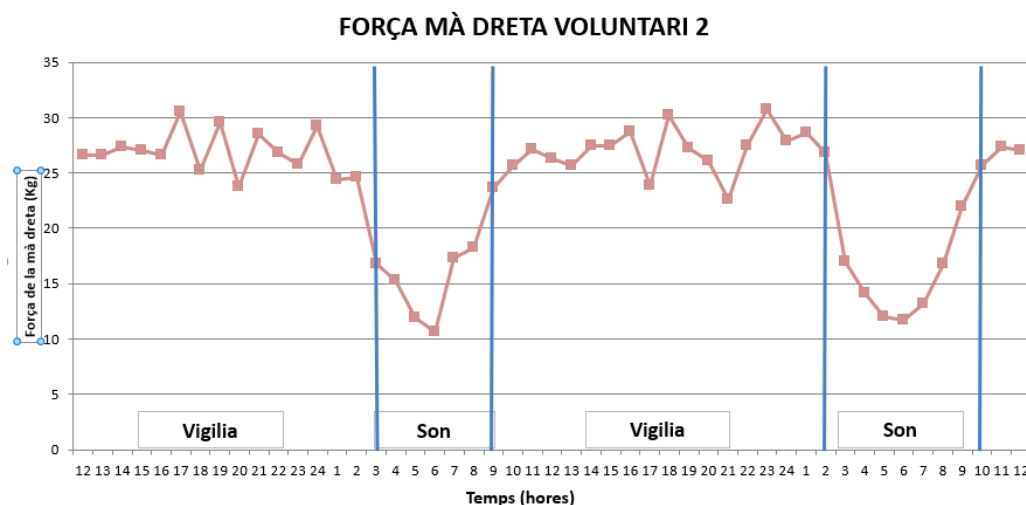
$$E_{relatiu} = \frac{E_{absolut}}{v. experimental} \cdot 100 = \frac{|v. exp. - v. real|}{v. exp.} \cdot 100 =$$

$$\frac{|23,29 - 24|}{23,29} \cdot 100 = \frac{0,71}{23,29} \cdot 100 = 0,0305 \cdot 100 = 3,05\% d'error$$

L'error comès sobre el valor real és del 3,05%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 23 hores i 17 minuts.

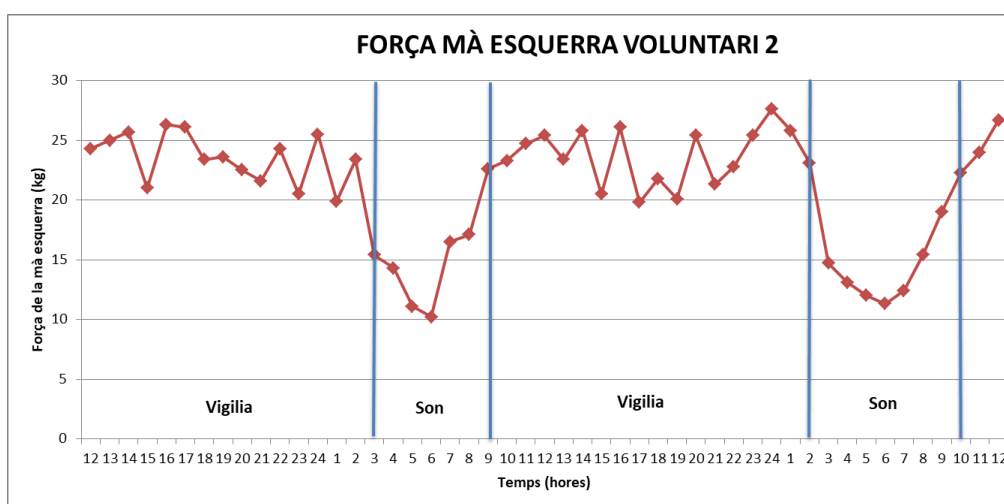


4.2.3. Força de les mans



Imatge 44: força de la mà dreta del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 45: força de la mà esquerra del voluntari 2

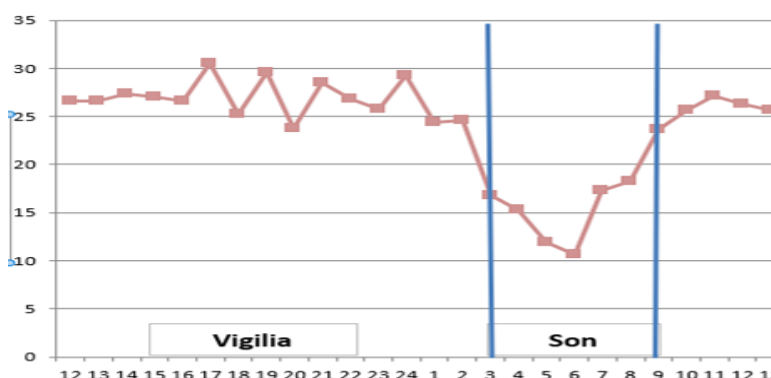
Font: Meritxell Ferrer

La voluntària 2 es caracteritza per presentar unes gràfiques de les forces de les mans amb valors que oscil·len entre els 10 i els 30 kg de força (la mà dreta oscil·la entre 11 i 33 kg i l'esquerra entre 10 i 28 kg). És a dir, l'amplitud (A) és de 23 kg. Les gràfiques d'aquesta voluntària són molt dràstiques perquè a la que comença a descendir la quantitat de força, ho fa de manera molt exagerada i en un interval curt de temps.

Durant les hores de llum, la força de la mà dreta oscil·la entre els 23 i els 32 kg i la força de la mà esquerra oscil·la entre els 19 i els 28kg. Aquests valors augmenten fins arribar a un valor màxim ja que durant el dia, amb la ingesta de nutrients i l'arribada de més oxigen als músculs a través de la sang ens permet realitzar esforços de major intensitat. A mesura que es fa de nit, la fatiga provoca la nostra força decreixi, i per això abans d'arribar a les hores de completa foscor, ja hi ha hagut un descens.

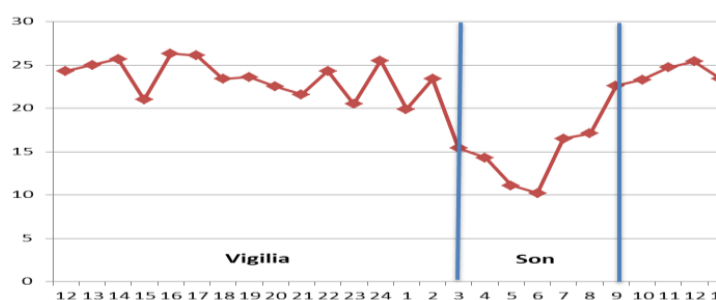


Durant les hores de foscor (les hores de dormir), el gràfic es caracteritza per descendir dràsticament. La voluntària va dormir de les 3 a les 9 del matí del primer dia i de les 2 a les 10 del matí del segon, i durant aquestes hores, la gràfica es troba en els seus valors mínims, per tant, la força d'una persona quan està dormint o es troba endormiscada és quasi mínima. A més, en pic la persona es troba dormint, el descens de la força es realitza de manera molt més ràpida que quan la persona es troba cansada i mig endormiscada abans d'adormir-se (també descendeix però no tan bruscament). A mesura que la persona es va despertant, la gràfica també augmenta de manera molt brusca, per tant, al despertar-se, la gent recupera bastanta de la força que no té quan dorm.



Imatge 46: força de la mà dreta del voluntari 2 només del primer dia

Font: Meritxell Ferrer



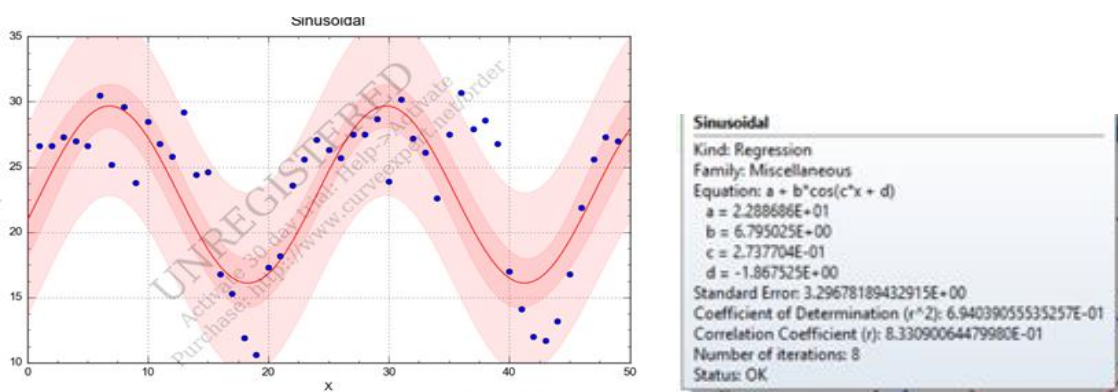
Imatge 47: força de la mà esquerra del voluntari 2 només el primer dia

Font: Meritxell Ferrer

La gràfica que podem formar a partir de les mesures realitzades al voluntari 2 és la que més s'ajusta al cicle teòric de la força: com es pot observar el gràfic presenta una clara tendència sinusoidal (es formen màxims durant les vigílies i mínims durant les hores de son) que comprovem amb el programa CurveExpert que ens proposa aquesta funció com la més ajustada a les nostres dades amb un coeficient de correlació (r) de 0.83 de la força de la mà dreta i un coeficient de correlació (r) de 0,75 de la força de la mà esquerra.



Força de la mà dreta



Imatge 48: força de la mà dreta del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Imatge 49: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la força de la mà dreta del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 22,9 + 6,79 \cos(0,2738x - 1,87)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,2738, podem esbrinar quan val el període de la nostra força de la mà dreta.

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2738 \rightarrow 0,2738 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2738} \rightarrow T = 22,95h$$

$$T = 22h i \left(0,95h \cdot \frac{60min}{1h}\right) = 22h i 57min.$$

D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de força de la mà dreta té un període de 22 hores i 57 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

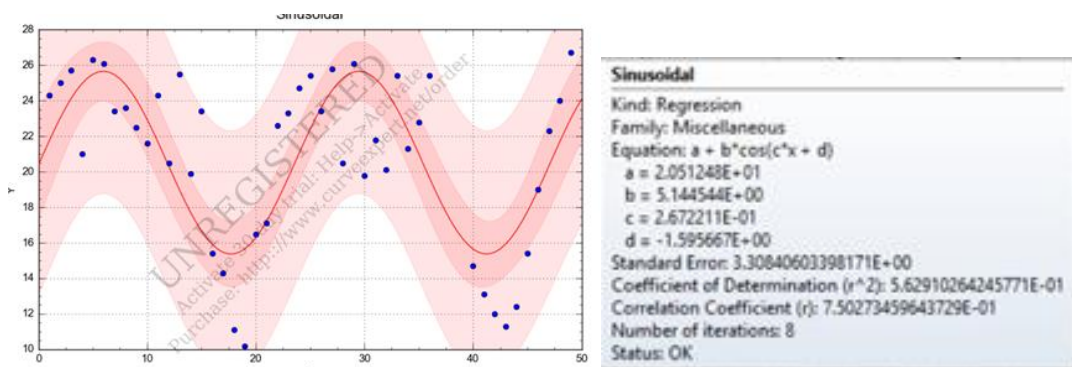
$$E_{relatiu} = \frac{E_{absolut}}{v. experimental} \cdot 100 = \frac{|v. exp. - v. real|}{v. exp.} \cdot 100 =$$

$$\frac{|22,95 - 24|}{22,95} \cdot 100 = \frac{1,05}{22,95} \cdot 100 = 0,0458 \cdot 100 = 4,58\% d'error$$

L'error comès sobre el valor real és del 4,58%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 22 hores i 57 minuts.



Força de la mà esquerra



Imatge 50: força de la mà esquerra del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Imatge 51: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la força de la mà esquerra del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 20,5 + 5,14 \cos(0,2672x - 1,596)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,2672, podem esbrinar quan val el període de la nostra força de la mà esquerra.

$$c = \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2672 \rightarrow 0,2672 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2672} \rightarrow T = 23,51 \text{ h}$$

$$T = 23 \text{ h i } \left(0,51 \text{ h} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) = 23 \text{ h i } 31 \text{ min.}$$

D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de força de la mà esquerra té un període de 23 hores i 31 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

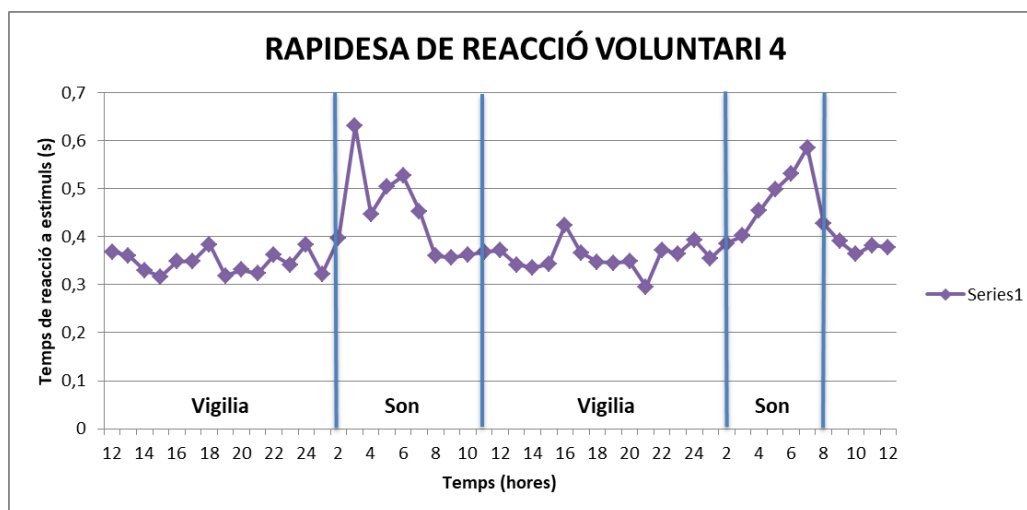
$$E_{\text{relatiu}} = \frac{E_{\text{absolut}}}{v_{\text{experimental}}} \cdot 100 = \frac{|v_{\text{exp.}} - v_{\text{real}}|}{v_{\text{exp.}}} \cdot 100 =$$

$$\frac{|23,51 - 24|}{23,51} \cdot 100 = \frac{0,49}{23,51} \cdot 100 = 0,0208 \cdot 100 = 2,08\% \text{ d'error}$$

L'error comès sobre el valor real és del 2,08%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 23 hores i 31 minuts.



4.2.4. Rapidesa de reacció



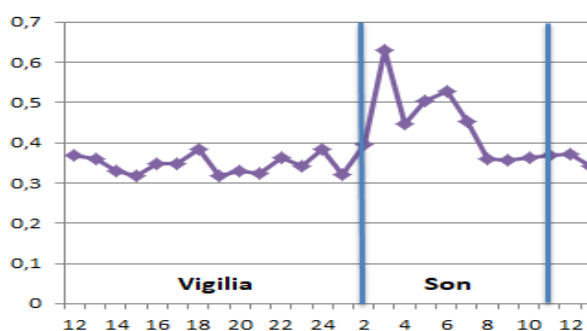
Imatge 52: rapidesa de reacció del voluntari 4

Font: Meritxell Ferrer

La rapidesa de reacció és el temps que tardem a reaccionar a un estímul. Com més temps es tarda, menys rapidesa de reacció.

Durant les hores de llum, els valors del temps a reaccionar s'estabilitzen entre 0,3 i 0,4 segons, i es mantenen bastant constants fins que ens adormim, llavors el temps fa un augment brusc i sobtat. Per tant, la nostra rapidesa de reacció és molt més elevada durant les hores de vigília (dia, amb llum solar) que durant les hores de son (nit, amb foscor).

El voluntari 4, va dormir de les 2 a les 11 el primer dia i de 2 a 8 el segon. Durant aquestes hores de foscor, en canvi, la gràfica augmenta molt (la gràfica té màxims superiors a 0,6 s), la qual cosa vol dir que, durant les hores de son, es tarda més temps en reaccionar que durant les hores de llum. La gràfica augmenta perquè com que dormim deixem de realitzar moltes funcions motores, entre d'altres, els nostres sentits es troben en moments d'activitat mínima. En aquest punt la gràfica fa un màxim ja que reaccionar davant d'un estímul ens és més complicat perquè la nostra activitat sensorial és mínima, per això en aquest punt el temps de reacció és màxim i la velocitat de reacció va més lenta.

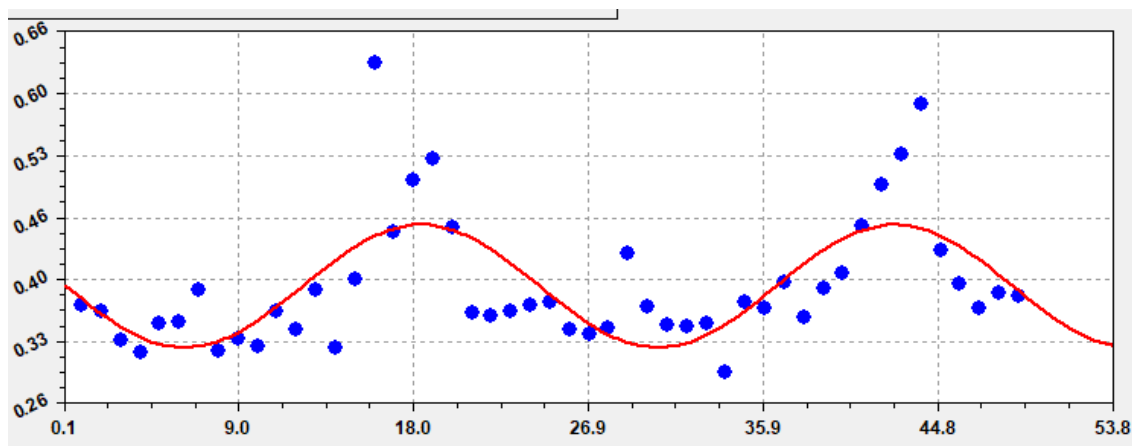


Imatge 53: rapidesa de reacció del voluntari 4 només del primer dia

Font: Meritxell Ferrer

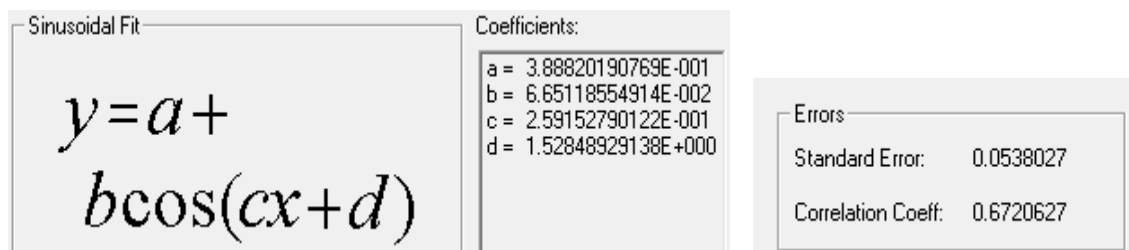


Ampliant les dades que corresponen al primer dia, veiem que la gràfica que més s'ajusta al cicle teòric de la rapidesa de reacció és la sinusoidal, ja que es formen mínims durant les vigílies i màxims durant les hores de son. Comprovem amb el programa CurveExpert que ens proposa aquesta funció com la més ajustada a les nostres dades amb un coeficient de correlació (r) de 0,67.



Imatge 54: rapidesa de reacció del voluntari 4 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal

Font: Meritxell Ferrer



Imatge 55: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la rapidesa de reacció del voluntari 4

Imatge 56: errors de la funció sinusoidal de la rapidesa de reacció del voluntari 4

Font: Meritxell Ferrer

La fórmula proposada pel programa és $y = a + b \cos(cx + d)$, que amb els valors donats pel programa passa a ser $y = 0,39 + 0,066 \cos(0,2591x + 1,53)$.

Si comparem la fórmula del programa amb la fórmula de les ones sinusoidals que és $y = A \cdot \cos(\omega t + \theta)$, podem deduir que A (que correspon a l'amplitud) equival al paràmetre b de la fórmula donada pel programa; θ (fase) equivaldria al paràmetre d ; i que ω (freqüència angular) equivaldria al paràmetre c .

La freqüència angular (ω) es calcula dividint 2π entre el període (T) de la oscil·lació. Si sabem que ω té el valor del paràmetre c , és a dir, 0,2591, podem esbrinar quan val el període de la nostra pressió arterial mínima-



$$c = w = \frac{2\pi}{T} \rightarrow c = 0,2591 \rightarrow 0,2591 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{0,2591} \rightarrow T = 24,25 \text{ h}$$

$$\rightarrow T$$

$$T = 24 \text{ h i } \left(0,25 \text{ h} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) = 24 \text{ h i } 15 \text{ min.}$$

D'aquesta manera, hem trobat que el ritme cíclic del nostre gràfic de pressió arterial mínima té un període de 24 hores i 15 minuts. Sabent que la durada real del cicle és de 24 hores, podem calcular l'error comès.

$$E_{\text{relatiu}} = \frac{E_{\text{absolut}}}{v. \text{experimental}} \cdot 100 = \frac{|v. \text{exp.} - v. \text{real}|}{v. \text{exp.}} \cdot 100 =$$

$$\frac{|24,25 - 24|}{24,25} \cdot 100 = \frac{0,25}{24,25} \cdot 100 = 0,0103 \cdot 100 = 1,03\% \text{ d'error}$$

L'error comès sobre el valor real és del 1,03%, tenint en compte que el valor real són 24 hores i el nostre valor experimental són 24 hores i 15 minuts.



4.3. Conclusions

Els plantejaments d'aquest apartat eren esbrinar com variaven els valors del diferents paràmetres del cos humà al llarg del dia, per tal d'establir si variaven de forma cíclica com havien trobat en la bibliografia.

Amb aquesta experimentació hem pogut veure què:

- La **frequència cardíaca** disminueix durant les hores en què dormim i augmenta durant les hores de llum solars en què estem desperts. De forma experimental, hem comprovat amb el programari CurveExpert si s'ajustava al cicle teòric i ha resultat que s'ajustava a una funció sinusoïdal amb un coeficient de correlació (r) de 0,68. Hem buscat el període de les oscil·lacions que ha donat 21,22 hores amb un error del 13,3% sobre el cicle teòric de 24 hores.
- La **pressió arterial** disminueix durant les hores en què dormim i augmenta durant les hores de llum solars en què estem desperts. En aquest cas s'ajustava també a una funció sinusoïdal. El període de les oscil·lacions de la pressió arterial màxima és 20,46 hores amb un error del 17,3% sobre el cicle teòric de 24 hores i en la pressió arterial mínima 22,46 hores amb un error de 6,86% sobre el cicle teòric de 24 hores.
- La **temperatura** disminueix durant les hores en què dormim i augmenta durant les hores de llum solars en què estem desperts. De forma experimental, hem comprovat que s'ajustava al cicle teòric amb una r de 0,82. Respecte al període de les oscil·lacions ha donat resultat ser de 23,39 hores amb un error del 3,05% sobre el cicle teòric de 24 hores.
- La **força de les mans** disminueix dràsticament durant les hores en què dormim ja que no es realitza cap activitat que comporti una gran despesa d'energia i augmenta durant les hores de llum solars en què estem desperts. De forma experimental, hem comprovat amb el programari CurveExpert, que s'ajusta a una teòrica funció sinusoïdal i hem buscat el període de les oscil·lacions, que ha donat 22,95 hores amb un error del 4,58% sobre el cicle teòric de 24 hores en la mà dreta i 23,31 hores amb un error del 2,08% sobre el cicle teòric de 24 hores en la mà esquerra.
- La **rapidesa de reacció** és menor (es reacciona amb més velocitat) durant les hores en què estem desperts i és major (es reacciona amb menys velocitat) durant les hores de foscor en què estem dormint. El gràfic obtingut s'ajusta, al cicle teòric amb un coeficient de correlació de 0,67, essent el període de les oscil·lacions de 24,25 hores, amb un error del 1,03% sobre el cicle teòric de 24 hores.

ÉS DORMIR TAN IMPORTANT
COM SEMBLA?





Aquesta part té múltiples plantejaments, per això l'hem dividit en dos subapartats relacionats amb els diferents objectius.

5.1. Els hàbits de son dels adolescents

- ***Quins són els hàbits de son dels adolescents de l'Institut***
- ***Com son els adolescents de l'Institut: matutins o vespertins?***

5.1.1. Disseny experimental

El disseny experimental d'aquesta part es basa en l'estudi de les hores de son d'estudiants de l'institut per tal de veure els seus hàbits de son i catalogar-los en matutins i vespertins. Per fer-ho, utilitzarem una eina recomanada per l'Institut del Son anomenat diari del son. En un diari del son, la persona objecte d'estudi haurà d'apuntar a quina hora s'ha adormit i a quina hora s'ha despertat, responent algunes preguntes referents a la higiene del son per tal de poder controlar i millorar els seus hàbits de son, per així millorar la seva qualitat de descans.

Les dades de les hores de son ens serviran per posteriorment catalogar l'alumnat en vespertins i matutins. Les preguntes referents als hàbits de son ens serviran per fer un estudi general dels hàbits de son a l'Institut i intentar-los millorar per incrementar la qualitat del son dels estudiants.

Les dades es recolliran durant quinze dies, ja que també s'ha de tenir en compte els caps de setmana, perquè a vegades és en aquests dies on es noten més les tendències del cicle del son d'un persona.

La mostra de l'experiment són 19 adolescents d'entre 16 i 18 anys.

5.1.1.1. Paràmetres que es volen controlar

Es vol controlar l'hora d'anar a dormir i l'hora de despertar-se dels adolescents per classificar-los en matutins i vespertins, i es vol observar la higiene del son d'aquests estudiants (vindrien a ser les activitats que fan abans d'anar a dormir) per tal de poder detectar que pot provocar insomni o poca efectivitat del son, i aconsellar-los canvis per tal de millorar la seva higiene del son, i com a conseqüència, la seva qualitat del son.

5.1.1.2. Utilatge

- **Diari del son:** el diari del son és una eina molt emprada en estudis del son realitzats en hospitals. En aquest diari, es fa un autoregistre del son, és a dir, la persona que l'omple marca l'hora a la que va anar a dormir, les hores dormides i l'hora a la que s'ha despertat durant un període determinat de dies, d'aquesta manera es poden trobar anormalitats en el cicle del son com dormir-se molt aviat o massa tard entre d'altres coses. En el meu cas, aquest diari del son que els diferents estudiants hauran d'omplir anirà acompanyat amb unes caselles referents a la higiene del son, en les quals marcaran activitats fetes abans d'anar a dormir que poden influir en la qualitat del son i en la facilitat d'adormir-se.



5.1.1.3. Procediment

1. Construcció d'un diari del son adaptat a les necessitats del treball, és a dir, modificant-lo per poder qüestionar sobre la higiene del son.

La unitat del Son del Hospital Santa Maria ens va facilitar un exemple de diari del son que ells utilitzen quan han de fer estudis o un seguiment a un pacient. A partir d'aquell model d'exemple vaig construir l'utilitzat en aquest treball. El diari del son emprat en aquest treball, disposa de les quadrícules per marcar les hores que un ha dormit i, a més, per a cada dia 5 quadres més referents a la higiene del son. La Unitat del Son, a part del diari del son, també ens va proporcionar un full informatiu amb recomanacions sobre la higiene del son; a partir d'aquestes recomanacions s'han fet els quadres referents a la higiene del son. (Es pot trobar el diari del son i les recomanacions de la Unitat del son en l'annex 2.

Els cinc quadres extra del diari del son emprat en aquest treball són els següents:

- **Un quadre referent al menjar**; perquè en les hores abans d'anar a dormir el metabolisme no té un rendiment tan elevat com a les primeres hores del dia. Per aquest motiu es recomana menjar àpats lleugers dues hores abans d'anar a dormir, per donar temps a fer la digestió. En aquesta casella s'haurà de marcar amb un sí o amb una creu si s'ha menjat durant les dues hores abans d'anar a dormir i un no o deixar la casella en blanc en cas contrari.
 - **Un quadre referent a la llum**; la llum és un estímul visual que condiciona el cicle del son de moltes maneres ja que el nostre cervell relaciona que, quan no hi ha llum, són les hores de dormir. Si es dorm amb el llum encès o amb estímuls lluminosos intensos es podria alterar el cicle del son. En aquesta casella s'ha de marcar amb un sí o una creu si s'ha dormit amb el llum encès o amb un no o deixant la casella en blanc en cas contrari.
 - La següent casella s'anomena **estimulant**. Aquesta fa referència al consum abans de dormir de substàncies com el cafè, el té o begudes energètiques que activen el sistema nerviós i no en permeten la posterior relaxació durant certes hores. En aquesta casella s'haurà de marcar amb un sí o amb una creu si s'ha consumit algun tipus d'estimulant durant les dues hores abans d'anar a dormir i un no o deixar la casella en blanc en cas contrari.
 - Una casella titulada **esport**. En aquesta, es fa referència a la pràctica d'exercici físic abans d'anar a dormir perquè s'activa el metabolisme que estava en fase de relaxació i estar més inactiu per poder dormir i adormir-se es fa més complicat. Aquí s'haurà de marcar amb un sí o amb una creu si s'ha fet una pràctica esportiva durant les dues hores abans d'anar a dormir i un no o deixar la casella en blanc en cas contrari
 - La darrera casella es titula **última activitat**. En aquesta s'ha d'escriure l'última activitat feta abans d'anar a dormir, ja sigui mirar la tele, fer deures, sopar...
2. Difusió del diari del son entre els estudiants de 2n de batxillerat de l'Institut perquè l'omplin seguint unes instruccions concretes i detallades que es van donar juntament amb el diari del son.

Les instruccions que es van donar amb el diari del son són les següents i venien amb un exemple de com s'havia d'omplir la taula. (El diari del son emprat en aquest treball i les seves instruccions es poden consultar en l'annex 2)



3. Esperar el període de 15 dies i recollir els diaris del son.
4. Analitzar cada voluntari segons els seus hàbits del son i les característiques del seu cicle del son.
5. Establir quins són els hàbits del son més típics dels adolescents de l'Institut Carnicer, i comparar-los amb altres estudis fets a una població més ampla .
6. Després d'analitzar cada voluntari, establir matemàticament quin percentatge de la mostra és matutí, vespertí...



5.1.2. Resultats obtinguts, anàlisi i discussió

A continuació mostrarem en una taula única tots els resultats, en aquesta es pot veure de manera numèrica els hàbits i tendències de cada persona, ja sigui tan en els hàbits d'higiene de son com en el de les hores de despertar-se o adormir-se. També es mostra la classificació de cada un dels voluntaris segons el seu costums en matutins, vespertins, indefinits (si pot ser tan matutí com vespertí) o persones amb una tendència determinada, si els seus costums el fan correspondre a un grup concret però no hi acaba d'encaixar per algun dels seus hàbits.

Els criteris utilitzats per classificar els voluntaris han estat:

- Principalment les tendències de cada persona sobretot en els caps de setmana què és quan no estaven sotmesos a un horari concret i actuaven en funció de com es sentien. En caps de setmana considerem anar-se'n a dormir tard després de les onze o dotze, amb la qual cosa qui se'n va a dormir abans, se'n va a dormir aviat. Considerem llevar-se tard aquelles persones que es lleven a les nou, deu o onze en endavant, si ho fan abans es lleven d'hora. Cal tenir en compte que les persones que es troben en l'hora de la franja poden provocar dubtes, per aquets motiu ens fixem sobretot en les hores que es troben per sota o per sobre de l'hora de la franja.
- Entre setmana, els voluntaris estaven sotmesos a l'horari escolar el qual comença a les 8:15 del matí. Per aquest motiu, les persones que es llevaven sobre les 8 del matí o més tard (els casos de repetidors que tenen hores independents i no fan exactament el mateix horari) considerem que es llevaven tard, mentre que els que es llevaven a les 7 o abans ho feien d'hora. Pel que fa a l'hora d'anar-se'n a dormir considerem que entre les 11 i les 12 en endavant, tenint en compte que l'endemà hi ha classe, anar-se'n a dormir tard, mentre que les persones que se n'anaven a dormir entre les 9 i les 12 ho feien aviat.
- Donem un interval d'hores i no una hora concreta ja que de una hora a una altra no es passa de aviat a tard, per aquest motiu donem un interval que segons la tendència de la persona el farà més diürn o més nocturn.

Tenint en compte aquests criteris, els matutins eren aquells que mostraven sobretot tendències de llevar-se d'hora i d'anar-se'n a dormir considerablement aviat. Els que se n'anaven a dormir tard i conseqüentment es llevaven tard eren els vespertins o nocturns. Les persones que presentaven totes les tendències, és a dir, podien llevar-se tard o d'hora i anar-se'n a dormir tard o d'hora indiferentment són els indefinits. Finalment en les persones que mostraven tendències matutines però també vespertines, hem triat la tendència que destaca més, fent-ho constar com a tendència matutina o tendència vespertina. En la taula estan classificats per colors, on cada color representa un tipus de persona. La llegenda del gràfic és la següent:

	Indefinit
	Vespertí
	Matutí
	Tendències vespertines

També tindrem en compte si dormen molt o poc³, i segons l'edat, als adolescents els toca dormir entre 8 i 10 hores, per tant basarem aquesta classificació en aquest principi. Després, mostrarem l'anàlisi descriptiu i justificació de cada voluntari amb un quadre resum numèric dels seus hàbits. Per veure els diaris del son omplerts per cada voluntari consultar l'annex 2.

³ (El son en funció de l'edat, 2016)



VOLUNTARIS			1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00	2:00	1:00	4:00	23:00	1:00	0:00	1:00	22:00	0:00	23:00	1:00	20:00	3:00	23:00		0:00	1:00	22:00	1:00
		Hora de llevar-se	5:00	8:00	8:00		7:00		7:00		7:00		7:00		0:00	7:00	7:00		6:30		7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00	4:00	1:00	4:00	1:00	2:00	0:00	5:00	23:00	2:00	1:00	2:00	1:00	3:00	1:00	4:00	1:00	5:00	0:00	6:00
		Hora de llevar-se	8:00	10:00	8:00	12:00	9:00	11:00	9:00	11:00	9:00	11:00	10:00	12:00	7:00	10:00	7:00	11:00	9:00	11:00	11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6		5,3		8,6		6		8,5		6,8		6		8		7		7,9	
	Cap de setmana		6,25		7,3		8,0		9		9,8		10,5		8		9,5		8,8		7,3	
Migdiades			-		si		Sí		-		Sí		-		Sí		Sí		sí		-	
Menjar			40%		66,7%		67%		33%		33.3%		33%		13%		27%		-		7%	
Llum			-		-		-		-		-		-		-		-		-		6,7%	
Estimulants			-		-		-		-		6,7%		-		-		-		-		13,3%	
Esport			-		60%		-		33,3%		-		-		-		40%		-		13,3%	
Última activitat	Mòbil		33,3%		6,7%		40%		46,7%		66,7%		53,3%		26,7%		100%		6,7%		40%	
	Televisió (sèries o pelis)		53,3%		13,3%		-		-		6,7%		-		26,7%		-		46,7%		40%	
	Llegir		6,7%		-		26,7%		-		-		-		13,3%		-		40%		-	
	Parlar (amics, família)		6,7%		-		6,7%		-		-		-		-		-		-		-	
	Fer deures		-		80%		26,7%		46,7%		-		46,7%		33,3%		-		-		-	
	Sopa		-		-		-		-		6,7%		-		-		-		-		-	
	Dutxar-se		-		-		-		-		6,7%		-		-		-		-		-	
	Pintar		-		-		-		-		-		-		-		-		6,7%		-	
	Escoltar música		-		-		-		-		13,3%		-		-		-		-		-	
	Ordinador		-		-		-		-		-		-		-		-		-		6,7%	
	Treballar		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Sortir de festa		-		-		-		6,7%		-		-		-		-		-		13,3%	
	Jugar a la Play4		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-	



VOLUNTARIS			11		12		13		14		15		16		17		18		19	
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00	1:00	23:00	0:00	22:00		23:00	0:00	23:00	1:00	0:00	1:00	22:00	23:00	0:00		23:00	0:00
		Hora de llevar-se	7:00		8:00	10:00	7:00		7:00		7:00		7:00		5:00	7:00	7:00		7:00	8:00
	Cap de setmana	Hora de dormir	0:00	5:00	0:00	4:00	23:00	0:00	2:00	5:00	1:00	5:00	23:00	1:00	22:00		0:00	3:00	23:00	2:00
		Hora de llevar-se	8:00	11:00	8:00	10:00	7:00	8:00	10:00	14:00	10:00	11:00	8:00	9:00	10:00		9:00	10:00	8:00	10:00
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7,4		9,2		8,73		7,9		7,8		6,9		8,3		6,7		8,1	
	Cap de setmana		7,3		8		8,5		7,8		7,5		9		12		7,5		8,8	
Migdiades			Sí		Sí		-		sí		sí		-		Sí		-		-	
Menjar			27%		7%		73%		13%		13%		13%		20%		47%		40%	
Llum			-		-		-		-		-		-		-		-		-	
Estimulants			-		20%		-		26,6%		53,3%		-		80%		-		20%	
Esport			-		100%		-		-		-		-		46,7%		-		33,3%	
Última activitat	Mòbil		20%		40%		60%		46,7%		66,7%		-		100%		100%		60%	
	Televisió (sèries o pelis)		60%		6,7%		40%		26,7%		13,3%		80%		-		-		13,3%	
	Llegir		13,3%		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Parlar (amics, família,...)		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Fer deures		-		-		-		20%		20%		20%		-		-		26,7%	
	Sopar		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Dutxar-se		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Pintar		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Escoltar música		-		-		-		-		-		-		-		-		-	
	Ordinador		-		20%		-		-		-		-		-		-		-	
	Treballar		-		20%		-		-		-		-		-		-		-	
	Sortir de festa		6,7%		-		-		6,7%		-		-		-		-		-	
	Jugar a la Play4		-		13,3%		-		-		-		-		-		-		-	

Imatge 57: taula resum de tots els voluntaris segons els hàbits de son i les hores que dormen Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 1

Aquesta persona és molt irregular. Quan se'n va a dormir, entre setmana ho fa entre les 11 i les 2 de la matinada, en canvi, en caps de setmana ho fa entre les 11 i les 4 del matí, per tant, sempre se'n va a dormir més aviat tard que d'hora. Quan es desperta, també ho fa en un marge una mica gran d'hores: entre setmana ho fa entre les 5 i les 8 del matí, en canvi en caps de setmana es desperta entre les 8 i les 10. Cal dir que aquesta persona no fa migdiades. Com que se'n va a dormir tard, però es lleva d'hora havent anat tard, la considerarem **indefinida**, és a dir, una persona que depenent de la circumstància actua més matutí o més vespertí.

Entre setmana dorm una mitja de 6 hores, mentre que en cap de setmana s'allarguen a 6,25 hores.

Pel que fa als seus hàbits del son, aquesta persona algunes vegades puntuals menja alguna cosa durant les dues hores abans d'anar a dormir (40% de les nits) però mai pren estimulants, fa esport o dorm amb llum. L'última activitat sol ser el mòbil, 33,3% de les nits, o la televisió, 53,3% de les nits, (per mirar sèries, 13,3%, o pel·lícules, 40%). La resta de percentatge de nits o llegeix (6,67%) o parla amb amics o família (6,67%).

VOLUNTARI 1				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 2:00	Indefinida
		Hora de llevar-se	5:00 – 8:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00 – 4:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6	Poques
	Cap de setmana		6,25	Poques
Migdiades			-	
Menjar			40%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		33,3%	
	televisió (sèries o pel·lícules)		53,3%	
	Llegir		6,7%	
	Parlar (amics, família,...)		6,7%	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 58: taula de l'anàlisi del voluntari 1

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 2

Molta tendència a anar-se'n a dormir tard, des d'alguns dies a la 1 del matí fins a d'altres que se'n va a dormir a les 4, inclús en caps de setmana. Acostuma a llevar-se tard, a les 8 en dies escolars i entre les 8 i les 12 en caps de setmana. De tant en tant fa migdiades per compensar haver-se'n anat a dormir tard. Aquests trets el fan clarament **vespertí**.

Entre setmana dorm una mitja de 5,27 hores que en caps de setmana s'allarguen a 7,25 hores.

Sobre els seus hàbits, acostuma a fer esport (60% de les nits) i a menjar (66,7% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat abans de dormir acostuma a ser fer deures (66,7% de les nits), que no perjudica el cicle del son. El 13,3 % de les nits fa Treball de Recerca, el 6,67% mira la televisió, un altre 6,67% mira pel·lícules i el 6,67% restant mira Youtube al mòbil.

VOLUNTARI 2				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	1:00 – 4:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	8:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 4:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 12:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		5,27	Poques
	Cap de setmana		7,25	Poques
Migdiades			Si	
Menjar			66,7%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			60%	
Última activitat	Mòbil		6,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		13,3%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		80%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 59: taula de l'anàlisi del voluntari 2

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 3

Poca tendència a anar-se'n a dormir tard, com a molt tard a la 1 o les 2. Es lleva aviat inclús en cap de setmana (a les 7 entre setmana i en cap de setmana a les 9 habitualment, algun dia a les 11). Sovint fa migdiades a principis de tarda. Aquests trets la fan una persona **matutina**.

Entre setmana dorm una mitja de 8,6 hores, que disminueix a 8,0 hores en caps de setmana.

En els seus hàbits podem veure que habitua a menjar (66,7% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport, pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat acostuma a ser Instagram, és a dir el mòbil amb un 40% de les nits, després llegir (26,7% de les nits), a continuació amb un 20% de les nits fer deures, el 6,67% de les nits fa Treball de Recerca i el 6,675 restant passa temps en família.

VOLUNTARI 3				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 1:00	Matutí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 2:00	
		Hora de llevar-se	9:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8,6	Suficients
	Cap de setmana		8,0	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			67%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		40%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		26,7%	
	Parlar (amics, família,...)		6,7%	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		26,7%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 60: taula de l'anàlisi del voluntari 3

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 4

Aquesta persona no fa mai migdiades. A més, acostuma a anar-se'n a dormir aviat excepte en dies puntuals, com dies en que té molta feina i no va a dormir fins que l'acaba, o dies en que surt de festa i torna tard. Acostuma a llevar-se aviat i a la mateixa hora (a les 7 entre setmana, entre 9 i 11 en caps de setmana). Per aquestes característiques, considerem al voluntari 4 **matutí**.

Entre setmana dorm una mitja de 6 hores que augmenten a 9 en caps de setmana.

Entre els seus hàbits podem observar que en certes ocasions menja (33,3% de les nits) i/o practica esport (33,3% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai dorm amb llum o es pren estimulants. L'última activitat que sol fer és el mòbil (46,7% de les nits) o estudiar (46,7% de les nits), i menys freqüentment, surt de festa (6,67% de les nits).

VOLUNTARI 4				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	0:00 – 1:00	Matutí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	0:00 – 5:00	
		Hora de llevar-se	9:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6	Poques
	Cap de setmana		9	Suficients
Migdiades			-	
Menjar			33%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			33,3%	
Última activitat	Mòbil		46,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		46,7%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		6,7%	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 61: taula de l'anàlisi del voluntari 4

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 5

Molta tendència a anar-se'n a dormir aviat (entre setmana entre les 10 i les 12 ja dorm) inclús en cap de setmana on se'n va a dormir com a molt tard a les dues i de manera poc freqüent. Habitua a llevar-se aviat inclús en cap de setmana on entre les 9 i les 11 ja està despert. Alguna vegada fa migdiades però poc habitualment. Per aquestes característiques el considerem **matutí**. Cal esmentar, que en la segona meitat de la taula, el voluntari 5 estava malalt i per aquest motiu es lleva més tard i fora de la seva rutina i a mitja nit i què per aquest motiu també dorm més.

Entre setmana dorm una mitja de 8,5 hores que quasi no varia de la mitja de 9,8 hores en caps de setmana.

Pel que fa als seus hàbits del son, alguna vegada menja (33,3% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir i encara menys freqüentment es pren estimulants (6,67% de les nits), però mai dorm amb llum o fa esport. L'última activitat més freqüent és el mòbil (46,7% de les nits), de forma menys seguida escolta música (13,3% de les nits), el 6,67% de les nits mira pel·lícules com a última activitat, un altre 6,67% l'última activitat és dutxar-se i el 6,67% restant la seva última activitat és sopar.

VOLUNTARI 5				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	22:00 – 0:00	Matutí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00 – 2:00	
		Hora de llevar-se	9:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8,5	Suficients
	Cap de setmana		9,8	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			33.3%	
Llum			-	
Estimulants			6,7%	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		66,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		6,7%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		6,7%	
	Dutxar-se		6,7%	
	Pintar		-	
	Escoltar música		13,3%	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 62: taula de l'anàlisi del voluntari 5

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 6

Tendència a anar-se'n a dormir tard entre les 11 i la 1 entre setmana, i entre les 11 i les 2 en caps de setmana. Tendència a llevar-se a les mateixes hores, entre setmana a les 7 per horari, en cap de setmana es lleva entre les 10 i les 12, bastant tard. Aquesta persona no fa mai migdiades. Per aquests motius el considerem **nocturn**.

Entre setmana dorm una mitja de 6,82 hores que augmenten considerablement en caps de setmana ja que la mitja en aquests dies és de 10,5 hores.

Pel que fa als seus hàbits del son, alguna vegada menja (33,3% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport, pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat més freqüent és el mòbil (53,3% de les nits) o fer deures (46,7% de les nits).

VOLUNTARIS 6				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 1:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 2:00	
		Hora de llevar-se	10:00 – 12:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6,8	Poques
	Cap de setmana		10,5	Moltes
Migdiades			-	
Menjar			33%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		53,3%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		46,7%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 63: taula de l'anàlisi del voluntari 6

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 7

Aquesta persona és molt poc regular. Els primers 9 dies, manté un patró regular d'anar-se'n a dormir entre les 12 i la 1 entre setmana i entre la 1 i les 3 en caps de setmana, i es lleva entre les 6 i les 7 entre setmana i entre les 7 i les 9 en caps de setmana. Aquests dies es llevava aviat anant-se'n a dormir tard. Els següents tres dies segueix un horari estrany ja que només dorm quatre hores (el primer dia de 23 a 3 i els altres dos de 20 a 24) en hores crepusculars (passem de dia a nit). I els últims dies torna a un patró regular on se'n va a dormir a les 12 i es lleva a les 7 entre setmana i entre 9 i 10 en caps de setmana. A vegades fa migdiades. Per aquestes característiques considerem aquesta **persona no definida**, depenent de la situació s'adaptarà i serà matutina o vespertina, com millor li convingui.

Entre setmana dorm una mitja de 6 hores que augmenten a 8 en caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, alguna vegada menja (13,3% de les nits) abans d'anar a dormir (sobretot els dies en què dorm durant el crepuscle), però mai fa esport, pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat més freqüent és el mòbil (26,7% de les nits) o la tele (també 26,7% de les nits), fer deures és una mica menys freqüent (20% de les nits) i el percentatge restant es divideix entre llegir (6,67% de les nits) o fer treball de recerca a l'ordinador (6,67% de les nits).

VOLUNTARIS 7				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	20:00 – 3:00	Indefinit
		Hora de llevar-se	0:00 – 7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 3:00	
		Hora de llevar-se	7:00 – 10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6	Poques
	Cap de setmana		8	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			13%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		26,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		26,7%	
	Llegir		13,3%	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		33,3%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 64: taula de l'anàlisi del voluntari 7

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 8

Molta tendència a la regularitat. Acostuma a anar-se'n a dormir a la mateixa hora, a les 11 entre setmana i entre la 1 i les 4 en caps de setmana. La seva tendència a l'hora de llevar-se també es regular, entre setmana es lleva a les 7 i en caps de setmana entre les 7 i les 11. A més a més, acostuma a fer migdiades en caps de setmana perquè se'n va a dormir tard. Fixant-nos sobretot en els caps de setmana perquè és quan els estudiants tenen horari lliure perquè no han d'anar a classe, aquesta persona és **nocturna**.

Entre setmana dorm una mitja de 8 hores, mentre que en caps de setmana augmenten a 9,5 hores.

Pel que fa als seus hàbits del son, alguna vegada menja (26,7% de les nits) abans d'anar a dormir i una mica més sovint fa esport (40% de les nits). L'última activitat sempre és el mòbil (100% de les nits).

VOLUNTARI 8				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 4:00	
		Hora de llevar-se	7:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8	Suficients
	Cap de setmana		9,5	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			27%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			40%	
Última activitat	Mòbil		100%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 65: taula de l'anàlisi del voluntari 8

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 9

Tendència a la regularitat. Acostuma a anar-se'n a dormir sempre a la mateixa hora: entre setmana a les 12 i alguna vegada a la una, i en caps de setmana entre la 1 i les 2, a no ser que surti de festa, aleshores se'n pot anar a dormir a les 5. Acostuma a llevar-se sempre a la mateixa hora (les 6.30) i en caps de setmana es lleva entre les 9 i les 11. A vegades fa migdiades de mitja hora entre les 16 i les 17. Per la tendència destacable de llevar-se aviat i anar-se'n a dormir de forma habitual a les 12, considerarem aquest voluntari **matutí**.

Entre setmana dorm una mitja de 7 hores, que augmenten a 8,75 en caps de setmana. Pel que fa als hàbits del son, no fa res en contra de les recomanacions (no menja ni pren estimulants ni fa esport durant les dues hores abans d'anar a dormir ni dorm amb llum) excepte en les migdiades, les qual les dorm amb llum, havent menjat i pres un estimulants abans. L'última activitat sol ser mirar sèries (46,7% de les nits) o llegir (40%), i amb molta menys freqüència, pintar (6,67%) o el mòbil (6,67%).

VOLUNTARI 9				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	0:00 – 1:00	Matutí
		Hora de llevar-se	6:30	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 5:00	
		Hora de llevar-se	9:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7	Poques
	Cap de setmana		8,75	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			-	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		6,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		46,7%	
	Llegir		40%	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		6,7%	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 66: taula de l'anàlisi del voluntari 9

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 10

Bastant irregular. Tendència a anar-se'n a dormir entre les 10 i la una entre setmana i entre les 12 i les sis del matí. Per llevar-se, entre setmana és regular per l'horari escolar i es lleva sobre les 7 i en caps de setmana habitualment sobre les 11. Consideraria aquesta persona **vespertina** per la tendència a anar-se'n a dormir més cap al tard i conseqüentment llevar-se tard els dies en què no ha de seguir una rutina. Entre setmana dorm una mitja de 7,91 hores, que no varien gaire de la mitja de 7,25 hores dels caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, alguna vegada menja (6,67% de les nits) o pren algun estimulant (13,3% de les nits) abans d'anar a dormir, alguna vegada fa esport (13,3% de les nits) i algun dia puntual ha dormit amb el llum obert (6,67% de les nits). L'última activitat acostuma a ser mirar sèries (33,3% de les nits) o mòbil (40% de les nits), i menys freqüentment sortir de festa (13,3% de les nits), mirar la televisió (6,67% de les nits) o estar amb l'ordinador (6,67% de les nits).

VOLUNTARI 10				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	22:00 – 1:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	0:00 – 6:00	
		Hora de llevar-se	11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7,91	Suficients
	Cap de setmana		7,25	Poques
Migdiades			-	
Menjar			7%	
Llum			6,7%	
Estimulants			13,3%	
Esport			13,3%	
Última activitat	Mòbil		40%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		40%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		6,7%	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		13,3%	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 67: taula de l'anàlisi del voluntari 10

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 11

Aquesta persona no presenta un patró del son molt regular. Entre setmana varia la seva hora d'anar a dormir entre les 23 i la una, en canvi en caps de setmana, va de les 12 a les 5 del matí. Durant la setmana, aquesta persona segueix un patró pel que fa a la hora de despertar-se ja que ha de seguir l'horari de l'institut, per aquest motiu es lleva a les 7, però en caps de setmana en canvi, es lleva entre les 8 i les 11, més aviat d'hora. Alguna vegada fa migdiades, cal mencionar que bastant llargues en aquest cas de 5 hores. Tenint en compte que en caps de setmana (el període en el qual no està sotmès a un horari) es lleva aviat però se'n pot anar a dormir aviat com tard, el consideraria **indefinit**, és a dir, que es pot adaptar segons la situació a matutí o a vespertí.

Entre setmana dorm una mitja de 7,36 hores, que no varia de la mitja de 7,25 hores en caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, alguna vegada menja (26,7% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport, dorm amb llum o pren estimulants. L'última activitat sol ser mirar la televisió (60% de les nits), mòbil (20%), llegir (13,3%) o sortir de festa (6,67%).

VOLUNTARI 11				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 1:00	Indefinit
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	0:00 – 5:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7,36	Poques
	Cap de setmana		7,25	Poques
Migdiades			Sí	
Menjar			27%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		20%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		60%	
	Llegir		13,3%	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		6,7%	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 68: taula de l'anàlisi del voluntari 11

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 12

Aquesta persona mostra un horari bastant variat: pel que fa a l'hora d'anar-se'n a dormir, entre setmana sol ser entre les 11 i les 12, però en caps de setmana, en canvi, això s'allarga d'entre les 12 i les 4. L'hora de despertar-se entre setmana sol variar d'entre les 8 a les 10 del matí, i això en caps de setmana es manté, és a dir, l'hora de llevar-se d'aquesta persona no varia gaire de caps de setmana a dies entre setmana. Cal afegir, que aquesta persona de tant en tant fa migdiades, les qual solen durar entre 1 i 2 hores i se solen fer a mitja tarda. Per les característiques de llevar-se més aviat tard entre setmana, fer migdiades durant les tardes i poder anar a dormir tard en caps de setmana, el considerarem **nocturn**.

Entre setmana dorm una mitja de 9,18 hores i en caps de setmana 8 hores.

Pel que fa als hàbits del son, aquesta persona cada dia practica esport (100% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir (un hàbit adquirit que hauria de canviar) i alguna vegada menja (6,67%) durant les dues hores abans d'anar a dormir. Cal dir que només consumeix estimulants durant les dues hores abans d'anar a dormir els dies que treballa (20% nits), suposem que per poder aguantar la jornada. L'última activitat sol ser el mòbil (40% nits), l'ordinador (20%) o treballar (20%), i amb menys freqüència jugar a la Play4 (13,3%) o mirar a la televisió (6,67%).

VOLUNTARI 12				
Hora de dormir	Dies laborables	Dies laborables	23:00 – 0:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	8:00 – 10:00	
	Cap de setmana	Cap de setmana	0:00 – 4:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		9,18	Suficients
	Cap de setmana		8	Suficients
Migdiades			Sí	
Menjar			7%	
Llum			-	
Estimulants			20%	
Esport			100%	
Última activitat	Mòbil		40%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		6,7%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Ecoltar música		-	
	Ordinador		20%	
	Treballar		20%	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		13,3%	

Imatge 69: taula de l'anàlisi del voluntari 12

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 13

Aquesta persona mostra un patró molt regular. La seva hora d'anar a dormir no varia entre setmana, sempre és la mateixa, les deu, mentre que en els caps de setmana, és a dir, la nit de dissabte a diumenge i la de diumenge a dilluns són les úniques que varien i que en comptes de a les deu se'n va a dormir a les 11 o a les 12, bastant aviat. Pel que fa a l'hora de despertar-se sempre és a les set del matí, tant entre setmana com en caps de setmana, excepte les nits de dissabte a diumenge que es lleva a les 8 del matí, que continua sent aviat pensant què és cap de setmana. Per els trets d'aixecar-se i anar-se'n a dormir relativament aviat, el considerarem **matutí**.

Entre setmana dorm una mitja de 8,73 hores que no varien gaire de les 8,5 dels caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, aquesta persona només menja (73,3% de les nits) de forma bastant regular, tot i que no cada dia, durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport, pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat sol ser el mòbil (60% de les nits) o mirar la televisió (40% de les nits).

VOLUNTARI 13				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	22:00	Matutí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00 – 0:00	
		Hora de llevar-se	7:00 – 8:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8,7	Suficients
	Cap de setmana		8,5	
Migdiades			-	
Menjar			73%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		60%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		40%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 70: taula de l'anàlisi del voluntari 13

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 14

Aquesta persona entre setmana tendeix a seguir un horari regular, contràriament als caps de setmana, que va variant. Entre setmana, acostuma a anar-se'n a dormir entre les 11 i les 12. Els caps de setmana en canvi, se'n va a dormir entre les 2 i les 5 de la matinada, bastant tard. Pel que fa a l'hora de despertar-se, entre setmana sempre es lleva a les 7 per seguir l'horari de l'institut, però durant els caps de setmana l'hora de despertar-se varia de les 10 a les dues del migdia, llevant-se bastant tard en caps de setmana. Cal dir que a vegades aquesta persona fa migdiades d'una hora durant la tarda (habitualment cap a les 16 hores). Pels trets d'aixecar-se tard i anar-se'n a dormir tard quan no està sotmesa a un horari (durant els caps de setmana) aquesta persona la considerarem **nocturna**.

Entre setmana dorm una mitja de 7,91 hores que no varien de les 7,8 hores dels caps de setmana.

Pel que fa als seus hàbits del son, aquesta persona a vegades menja (13,3% de les nits) o pren algun estimulant (26,6%) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport o dorm amb llum. Pel que fa a l'última activitat sol ser el mòbil (46,7%) o mirar sèries (26,7%), estudiar (13,3%), fer deures (6,67%) o sortir de festa (6,67%) .

(6,67 %)

VOLUNTARI 14				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 0:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7.00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	2:00 – 5:00	
		Hora de llevar-se	10:00 – 14:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7,9	Suficients
	Cap de setmana		7,8	
Migdiades			Sí	
Menjar			13%	
Llum			-	
Estimulants			26,6%	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		46,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		26,7%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		20%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		6,7%	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 71: taula de l'anàlisi del voluntari 14

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 15

Aquesta persona té molta tendència a anar-se'n a dormir tard: entre setmana, per l'horari escolar se'n va a dormir entre les 11 i la 1 de la nit; en canvi, en els caps de setmana, l'hora de dormir varia i passa a ser de la una a les 5 de la matinada. Per llevar-se, entre setmana s'habitu a llevar a les 7 sense variacions; mentre que en els caps de setmana es desperta bastat més tard, entre les 10 i les 11 del matí. Cal esmentar, que aquesta persona a vegades fa migdiades d'una horeta a mitja tarda. Per les característiques del son en curs lliure (és a dir, quan no s'ha de seguir un horari) de poder-se'n anar a dormir a altes hores com podrien ser les 4 o 5 del matí i de, conseqüentment, llevar-se tard, aquesta persona és **nocturna**.

Entre setmana dorm una mitja de 7,8 hores que quasi no varien de les 7,5 que dorm en caps de setmana.

Pel que fa als seus hàbits del son, aquesta persona alguna vegada menja (13,3%) durant les dues hores abans d'anar a dormir però casi diàriament pren un estimulants (53,3%) durant aquestes dues hores, tot i que mai fa esport o dorm amb llum. En referència a l'última activitat, sol ser el mòbil (66,7% de les nits), i amb menys freqüència mirar sèries (13,3%), estudiar (13,3%) o fer deures (6,67%).

VOLUNTARI 15				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 1:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	1:00 – 5:00	
		Hora de llevar-se	10:00 – 11:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		7,8	Suficients
	Cap de setmana		7,5	Poques
Migdiades			Sí	
Menjar			13%	
Llum			-	
Estimulants			53,3%	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		66,7%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		13,3%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		20%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 72: taula de l'anàlisi del voluntari 15

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 16

Aquesta persona tendeix molt a la regularitat. Quan se'n va a dormir, entre setmana sempre ho fa entre les 12 i la 1, mentre que en caps de setmana ho fa entre les 11 i la 1, hi ha dies de cap de setmana que se'n va a dormir abans que dies entre setmana. Quan es desperta, entre setmana es sol despertar entre sempre a les 7 per poder complir amb l'horari de l'institut, en canvi, en caps de setmana es lleva entre les 8 i les 9 del matí, bastant aviat. Aquesta persona no fa migdiades. Com que sempre se'n va a dormir bastant d'hora i es lleva d'hora també, sobretot en els dies on no ha de seguir un horari, aquesta persona és **matutina**.

Entre setmana dorm una mitja de 6,9 hores que passen a 9 hores en els caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, aquesta persona només menja molt poques vegades (13,3% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai fa esport, pren estimulants o dorm amb llum. L'última activitat que acostuma a fer amb més freqüència és mirar la televisió (80% de les nits) i amb menys, estudiar (20% de les nits).

VOLUNTARI 16				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	0:00 – 1:00	Matutí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00 – 1:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 9:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6,9	Poques
	Cap de setmana		9	Suficients
Migdiades			-	
Menjar			13%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		-	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		80%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		20%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 73: taula de l'anàlisi del voluntari 16

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 17

Aquesta persona presenta tendències molt regulars. Quan se'n va a dormir, ho fa sempre a les mateixes hores: entre setmana se'n va a dormir entre les 10 i les 11, i en cap de setmana sempre se'n va a dormir a les deu. Per despertar-se, entre setmana ho fa a les 5 o a les 7 del matí, i en caps de setmana, en canvi, ho fa a les deu del matí. Els dies que es lleva a les 5 del matí, habitualment fa una migdiada de 4 a 6 de la tarda. Com que aquesta persona se'n va a dormir aviat regularment (molts des a les deu, ja sigui entre setmana o cap de setmana) i es capaç de llevar-se d'hora a voluntat molts dies seguits (a les 5 del matí) la considerarem **matutina**.

Entre setmana dorm una mitja de 8,27 hores que augmenten a 12 hores en caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, aquesta persona a vegades menja (20% de les nits) i/o practica esport (46,7%) durant les dues hores abans d'anar a dormir, i de forma regular es pren estimulants (80%). L'última activitat sempre és el mòbil (100% de les nits).

VOLUNTARI 17				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	22:00 – 23:00	Matutí
		Hora de llevar-se	5:00 – 7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	22:00	
		Hora de llevar-se	10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8,3	Suficients
	Cap de setmana		12	Moltes
Migdiades			Sí	
Menjar			20%	
Llum			-	
Estimulants			80%	
Esport			46,7%	
Última activitat	Mòbil		100%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 74: taula de l'anàlisi del voluntari 17

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 18

Aquesta persona mostra tendències bastant regulars. Quan se'n va a dormir, entre setmana ho sempre sobre les 12, en canvi, durant els caps de setmana se'n va a dormir entre les 12 i les 3 de la matinada, és a dir, més aviat tard. Quan es desperta, entre setmana ha de seguir l'horari de l'institut, per això podem veure certa regularitat ja que quasi sempre es lleva a les set excepte algun dia que es lleva més aviat o més tard (sobre les 6 o les 8 del matí); en canvi, en els caps de setmana, sempre es lleva entre les 9 i les 10 del matí. Com que aquesta persona s'habituava a anar a dormir sempre a les 12 o després de les 12 ja sigui entre setmana o cap de setmana, sobretot perquè en cap de setmana acostumen a ser les 2 o les 3, i alguns dies entre setmana es desperta tard tot i haver dormit molt i en cap de setmana es lleva més aviat tard, considerarem aquesta persona **nocturna**.

Entre setmana dorm una mitja de 6,73 hores que augmenten a 7,5 hores en caps de setmana.

Pel que fa als hàbits del son, aquesta persona menja sovint (46,7% de les nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir, però mai dorm amb llum, havent fet esport o havent-se pres un estimulant. La seva última activitat sempre és el mòbil (100% de les nits).

VOLUNTARI 18				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	0:00	Vespertí
		Hora de llevar-se	7:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	0:00 – 3:00	
		Hora de llevar-se	9:00 – 10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		6,7	Poques
	Cap de setmana		7,5	Poques
Migdiades			-	
Menjar			47%	
Llum			-	
Estimulants			-	
Esport			-	
Última activitat	Mòbil		100%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		-	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		-	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escoltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 75: taula de l'anàlisi del voluntari 18

Font: Meritxell Ferrer



Voluntari 19

Aquesta persona mostra poques tendències regulars. Quan se'n va a dormir, entre setmana ho fa sempre entre les 11 i les 12; en canvi, en caps de setmana, aquesta persona se'n va a dormir entre les 11 i les dues de la matinada. Per despertar-se, entre setmana ho fa entre les 7 i les 8 del matí, mentre que en caps de setmana, es lleva entre les 8 i les 10. Aquesta persona la definiria com una persona amb **tendències nocturnes** però no nocturna al 100% perquè malgrat que si que se'n va a dormir sobre les 12 i en caps de setmana, no se'n va a dormir tan tard com nocturns que se'n van a dormir a les 3 o 4 del matí, i es lleva a les 10 màxim que no es tan tard com nocturns que es lleven a les 12.

Entre setmana dorm una mitja de 8,1 hores que en caps de setmana augmenten a 8,8 hores.

Pel que fa als seus hàbits de son, sovint aquesta persona menja (40% nits), es pren un estimulants (20% nits) i/o practica esport (33,3% nits) durant les dues hores abans d'anar a dormir. L'última activitat sol ser el mòbil (60% nits), amb menys freqüència fer deures (26,7% de les nits) o mirar la tele (13,3% de les nits).

VOLUNTARI 19				
Hora de dormir	Dies laborables	Hora de dormir	23:00 – 0:00	Tendències vespertines
		Hora de llevar-se	7:00 – 8:00	
	Cap de setmana	Hora de dormir	23:00 – 2:00	
		Hora de llevar-se	8:00 – 10:00	
Hores de son (mitjana)	Dies laborables		8,1	Suficients
	Cap de setmana		8,8	Suficients
Migdiades			-	
Menjar			40%	
Llum			-	
Estimulants			20%	
Esport			33,3%	
Última activitat	Mòbil		60%	
	Televisió (sèries o pel·lícules)		13,3%	
	Llegir		-	
	Parlar (amics, família,...)		-	
	Fer deures (estudiar, tdr o deures)		26,7%	
	Sopar		-	
	Dutxar-se		-	
	Pintar		-	
	Escolltar música		-	
	Ordinador		-	
	Treballar		-	
	Sortir de festa		-	
	Jugar a la Play4		-	

Imatge 76: taula de l'anàlisi del voluntari 19

Font: Meritxell Ferrer

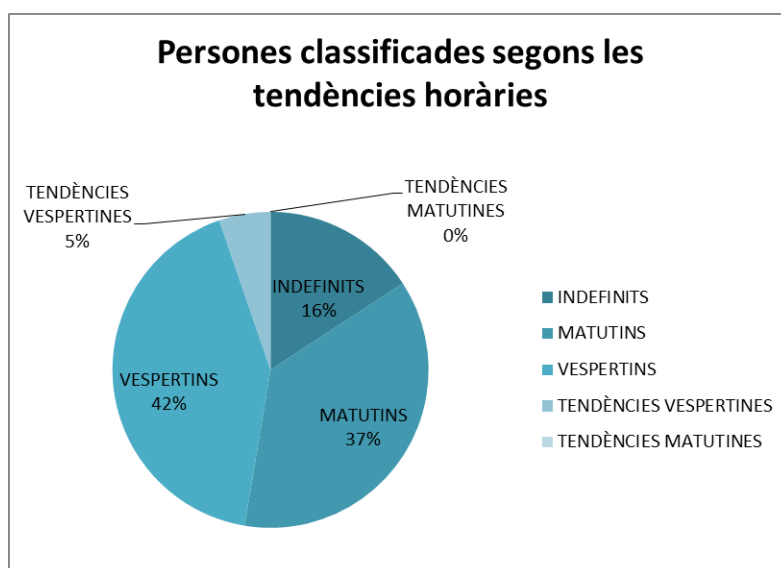


Anàlisi estadístic

Havent analitzat cadascun dels voluntaris per separat, establirem ara els hàbits tipus del grup d'estudiants de 2n de batxillerat, per tal de poder-los comparar amb estudis més generals.

Classificació dels individus

Dels 19 alumnes totals de la mostra, el 42% són vespertins (8 individus); un 37% són matutins (7 individus); un 16% són indefinits (3 individus); un 5% són persones amb tendències vespertines (1 individu) i no hi ha persones amb tendències matutines que puguin generar dubte.

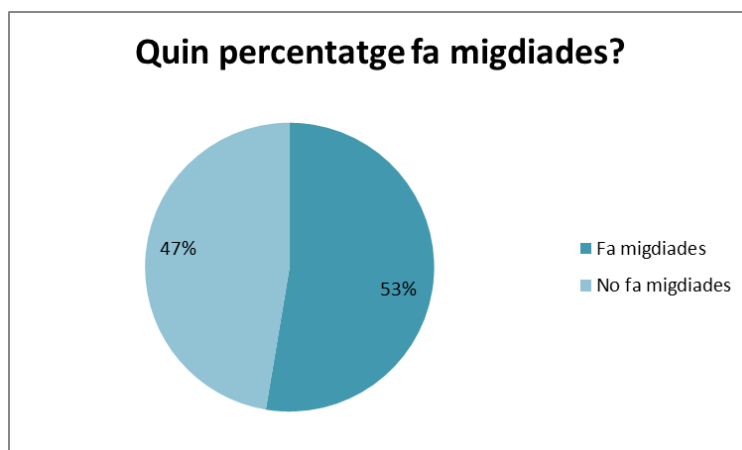


Imatge 77: percentatges dels individus classificats en vespertins, matutins, indefinits o amb tendències

Font: Meritxell Ferrer

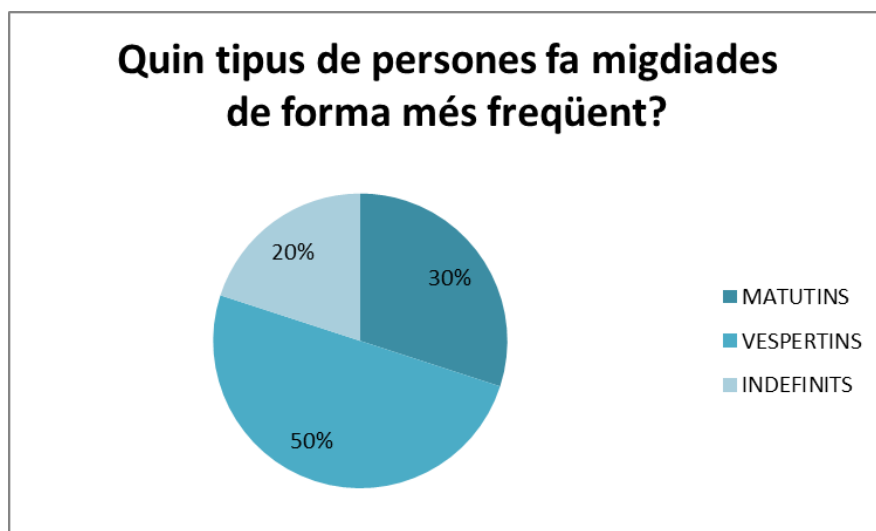
Qui fa migdiades?

Del total de 19 persones, 10 fan migdiades, és a dir, un 53% de la mostra, més de la meitat. D'aquestes deu persones, 5 són vespertines (50%), 3 són matutines (30%) i 2 són indefinides (20%). Per tant, veiem que els que tenen més tendència a fer migdiades són els vespertins.



Imatge 78: percentatge de la mostra que fa o no fa migdiades

Font: Meritxell Ferrer

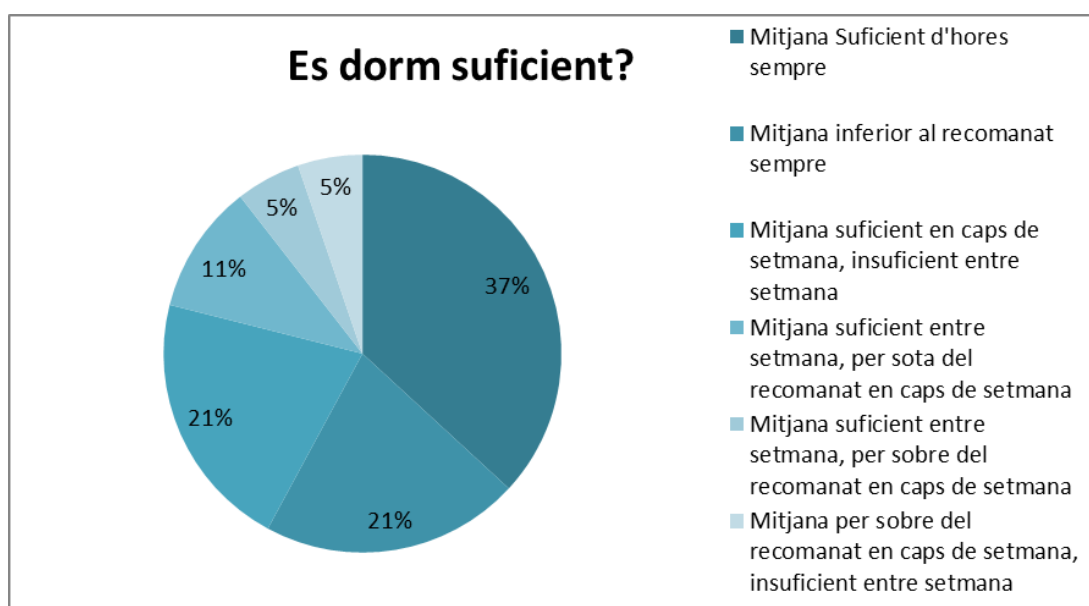


Imatge 79: quin tipus de persones (matutins, vespertins...) tendeix a fer més migdiades

Font: Meritxell Ferrer

Es dorm suficient?

Segons la quantitat d'hores que dormen hem determinat que un 37% de la mostra (7 individus) dormen una mitja d'hores suficients d'hores sempre (entre 8 i 10 hores); un 21% (4 individus) dormen sempre menys de 8 hores, tant en caps de setmana com en dies feiners; un altre 21% dorm una mitja insuficient d'hores entre setmana (menys de 8) i una mitja suficient d'hores en caps de setmana (entre 6 i 8 hores); un 11% de la mostra (2 individus) dorm entre 8 i 10 hores entre setmana i en canvi en caps de setmana dorm menys de 8 hores; un 5% de la mostra (1 individu) dorm una mitja suficient d'hores entre setmana (entre 8 i 10) i en caps de setmana dorm més de 10 hores; el 5% restant dorm més de 10 hores en caps de setmana però menys de 8 entre setmana. El percentatge majoritari en la mostra és dormir entre 8 i 10 hores sempre.



Imatge 80: quantitat d'hores que dormen els voluntaris de la mostra entre setmana i en caps de setmana

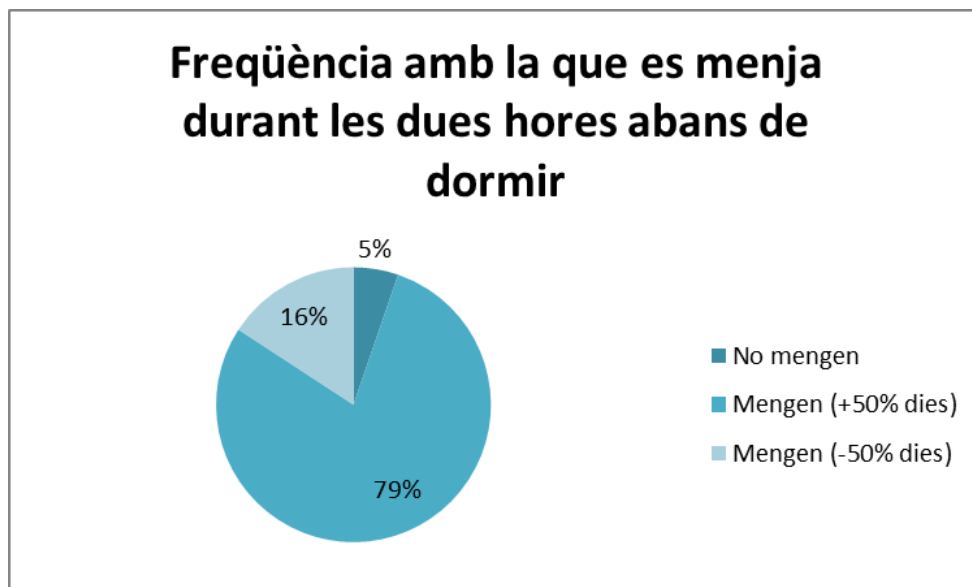
Font: Meritxell Ferrer



Hàbits d'higiene del son

De la mostra total de 19 persones:

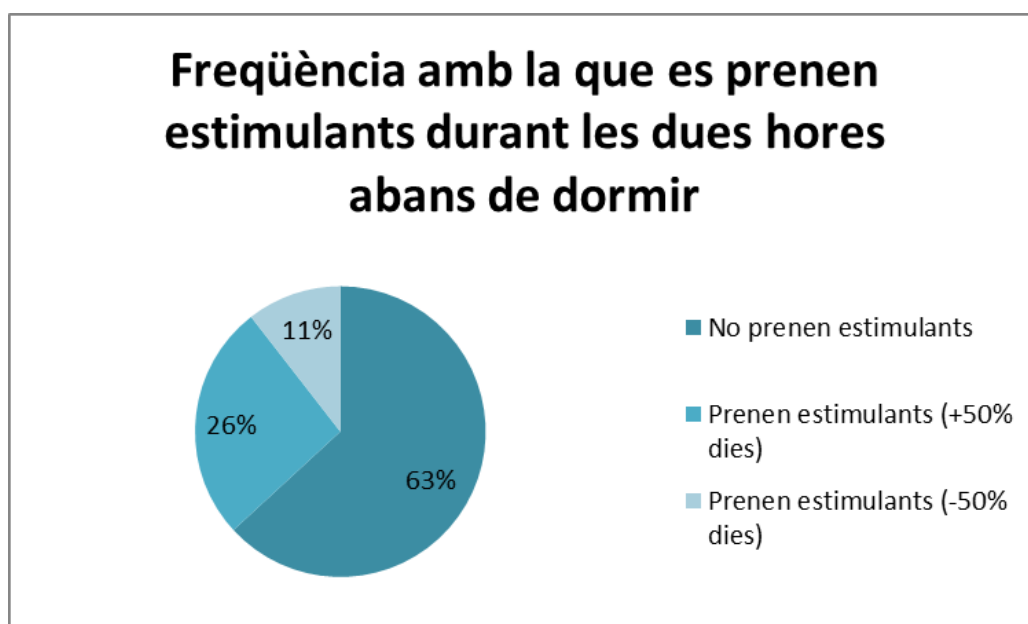
- 18 individus (95%) mengen durant les dues hores abans d'anar a dormir, dels quals 3 (16%) ho fan amb poca freqüència (menys de la meitat dels dies) i 15 (79%) ho fan de forma habitual. La tendència és menjar de forma habitual.



Imatge 81: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra mengen durant les dues hores abans d'anar a dormir

Font: Meritxell Ferrer

- 7 individus (37%) consumeixen estimulants durant les dues hores abans d'anar a dormir, dels quals 2 ho fan amb poca freqüència (menys del 50% dels dies) i 5 ho fan de forma habitual. La tendència és no prendre estimulants.

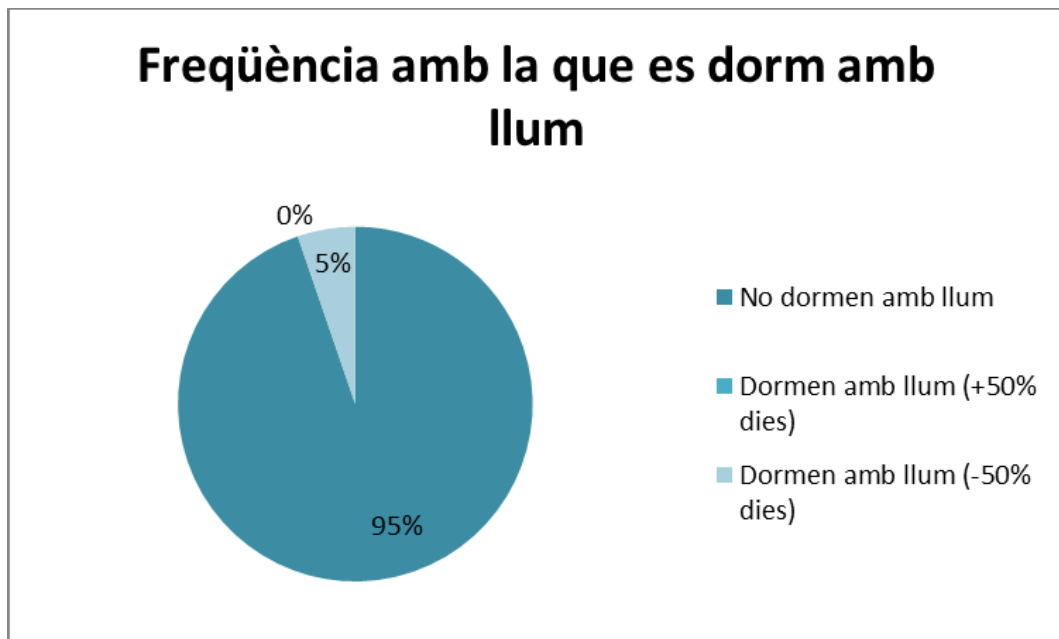


Imatge 82: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra prenen estimulants abans d'anar-se'n a dormir

Font: Meritxell Ferrer



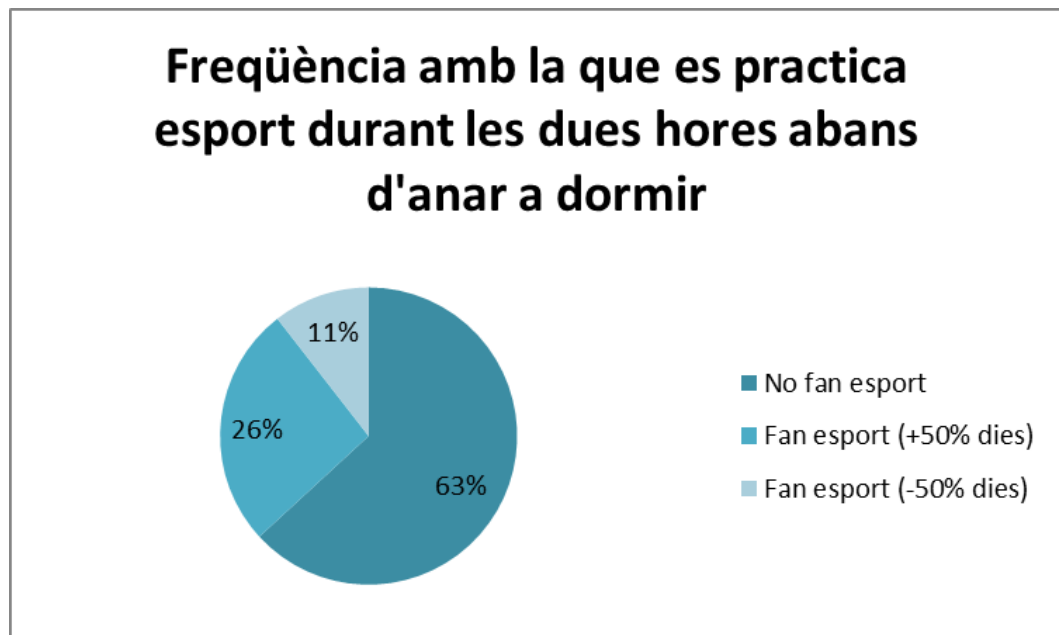
- 1 individu (5%) ha dormit amb llum un dia puntual, per tant, devia passar perquè es devia adormir abans d'apagar el llum, però no és un hàbit. La tendència és dormir amb el llum apagat.



Imatge 83: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra dormen amb el llum encès

Font: Meritxell Ferrer

- 7 individus practiquen esport durant les dues hores abans d'anar a dormir, dels quals dos ho fan amb poca freqüència i 5 ho fan de manera regular (més de la meitat dels dies). La tendència és no fer esport.



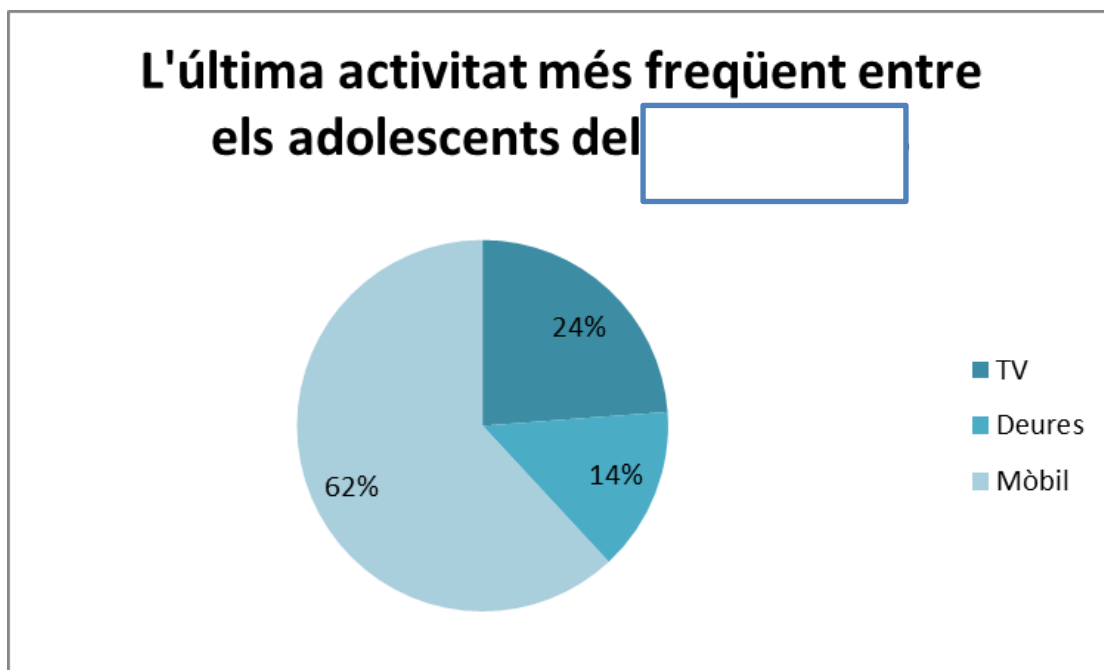
Imatge 84 freqüència amb la que els voluntaris de la mostra fan esport durant les dues hores abans d'anar-se'n a dormir

Font: Meritxell Ferrer



Última activitat més freqüent

Les últimes activitats que els adolescents fan abans d'anar-se'n a dormir són 3: mirar la televisió (ja sigui per mirar sèries o pel·lícules), fer deures (ja sigui estudiant, fent deures o fent treball de recerca) i utilitzar el telèfon mòbil (ja sigui per mirar les xarxes socials o per mirar plataformes online com *Youtube*). Aquest apartat, a diferència dels altres, es basa en 21 resultats i no en 19 ja que dues persones tenien el percentatge més alt en dues activitats. Dels 21 resultats, la última activitat més freqüent en 13 persones és el telèfon mòbil (62%); la següent activitat més freqüent és mirar la televisió que ho fan 5 persones (24%) i finalment, la tercera activitat que es fa amb més freqüència, fer deures, la realitzen 3 persones (14%).



Imatge 85: les últimes activitats més freqüents en els voluntaris de l'Institut

Font: Meritxell Ferrer



5.1.3. Conclusions

Els objectius d'aquesta part eren determinar quins eren els hàbits de son dels adolescents de l'Institut determinar si eren matutins o vespertins.

Després de l'experimentació, hem pogut determinar què:

Pel que fa als hàbits del son:

- Els adolescents tendeixen a dormir les hores recomanades, entre 8 i 10 hores, però amb més tendència a dormir menys hores de les recomanades ja que la mitja d'hores dormides entre setmana és de 7,43 hores i la mitja en caps de setmana és de 8,5, la qual cosa ens diu que de cada set nits, 5 es dorm menys del recomanat (entre 8 i 10 hores en adolescents), i això s'explica perquè hi ha persones que quasi no dorm entre setmana.
- Més de la meitat de la mostra segueix fent migdiades per compensar les poques hores de son nocturna.
- El 95% de la mostra menja durant les dues hores abans d'anar a dormir, i és un hàbit perillós, ja que durant la nit la capacitat digestiva és inferior amb la qual cos el metabolisme no funciona igual i s'acumulen més greixos.
- Només un terç de la mostra pren estimulants abans d'anar a dormir. Aquesta acció és perillosa per l'organisme perquè estem activant el sistema nerviós en moments en què hauria d'estar més relaxat, de tal forma que no podrem assolir un bon descans.
- Només un terç de la mostra practica esport abans d'anar a dormir, la qual cosa no és recomanable, ja que en comptes de relaxar-se, activem els músculs, i ens costarà més poder dormir ja que primer haurem de relaxar la musculatura.
- L'última activitat més freqüent entre els joves de l'Institut abans d'anar a dormir és amb un 62% utilitzar el mòbil. Les ones electromagnètiques dels telèfons mòbils dificulten el poder adormir-se i només encendre la pantalla un moment et pot desvetllar, per això es recomana dormir amb el mòbil lluny de tu.

Pel que fa a la classificació dels voluntaris:

Dels 19 alumnes totals de la mostra:

- El 42% són vespertins (8 individus)
- Un 37% dels 19 alumnes són matutins (7 individus)
- Un 16% dels 19 estudiants són indefinits (3 individus)
- Dels 19 voluntaris, un 5% són persones amb tendències vespertines (1 individu)
- No hi ha persones amb tendències matutines que puguin generar dubte en la nostra mostra.

De tal forma, que una mica menys del 50% són vespertins, el que s'espera en adolescents ja que es troben en una etapa on s'estimula la vida nocturna, ja sigui treballant o fent vida societat, de tal forma que aquesta dada no sorprèn.



5.2. Els adolescents davant dels exàmens

- ***Com varien les hores de son-vigília i els ritmes circadianis en els períodes d'exàmens dels adolescents d'entre 16 i 18 anys?***
- ***Quins efectes sobre l'organisme pot comportar l'alteració dels cicle de son en una persona?***

5.2.1. Disseny experimental

El disseny experimental d'aquesta part es basa en la mesura de les hores de son d'una persona en diferents períodes i d'algun dels sis paràmetres per tal de mirar si realment l'alteració dels horaris provoca canvis en el cicle. La idea es mirar les hores que dorm una persona en un període sense estrès com podrien ser les vacances d'estiu, i després, fer exactament les mateixes mesures durant un període d'estrès, com la setmana d'exàmens de l'institut, mirant les hores de son i algun dels paràmetres de la primera part, els quals es van fer durant període de vacances. Per fer-ho, utilitzarem un rellotge intel·ligent, l'emprat en la primera part, una funció del qual és mesurar les hores de son i catalogar-les en les fases del son, així com definir si la qualitat del son ha sigut efectiva o no. A continuació, es farà una comparativa entre els cicles del son per mirar quines alteracions pateix aquest quan els adolescents tenen estrès i han d'estudiar.

Dels paràmetres de la primera part, és a dir, els basats en la recerca bibliogràfica hem decidit utilitzar la **freqüència cardíaca** ja que es pot mesurar amb el mateix rellotge intel·ligent que mesura les hores en què es dorm (amb força, temperatura i rapidesa de reacció caldria un altre aparell i anar mesurant de forma manual a cada hora, en canvi el rellotge es pot configurar per a què ho faci automàticament, i la pressió arterial podríem fer-la però com que ens ha donat problemes, mirar annex **2**, hem preferit fer-ho amb la freqüència cardíaca).

Per comparar les freqüències cardíaques alterades amb un cicle teòric de mostra, utilitzarem el dia 1 del voluntari 2 del primer apartat del treball, ja que era el que presentava una tendència sinusoïdal més accentuada, i per tant és el que més representa com hauria de ser el cicle en períodes normals.

Les mesures es realitzaran durant tres o quatre dies. La mostra de l'experiment són 4 adolescents d'entre 16 i 18 anys.



5.2.1.1. Paràmetres que es volen controlar

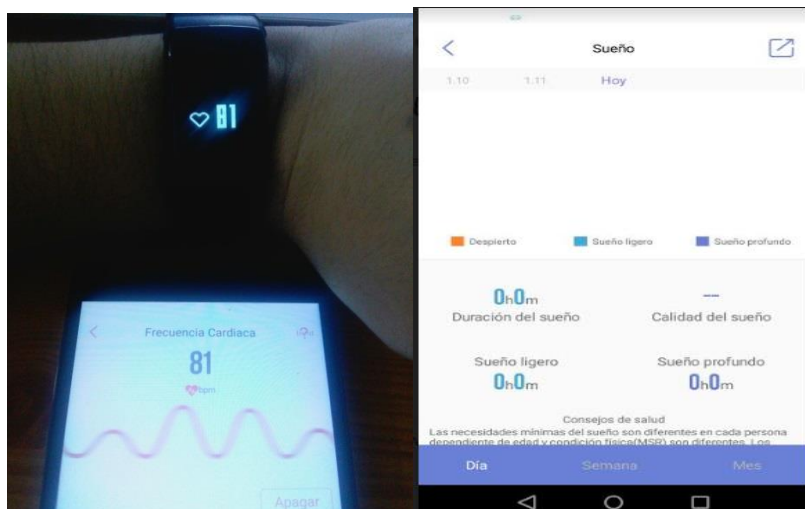
- **Variables independents**
 - ✓ Temps
 - ✓ Voluntaris (nombre, edat i sexe)
- **Variables dependents**
 - ✓ Freqüència cardíaca
 - ✓ Hores dormides

5.2.1.2. Utilitatge

- Per mesurar les hores de son i la freqüència cardíaca s'utilitzaran fitbits (rellotges intel·ligents amb diferents funcions com comptar passos, mesurar la freqüència cardíaca amb un pulsòmetre, la pressió arterial amb un esfigmomanòmetre...) lligat a una aplicació via bluetooth que enregistra les mesures (WearFit 2.0 o altres com VeryFit o ...), cada un dels voluntaris en porta un de propi (per aquest motiu pot ser que funcionin amb aplicacions diferents).
 - Pulsòmetre: Instrument que mesura la freqüència cardíaca dels éssers vius. Es mesura en pulsacions per minut (ppm)
 - Mesura de les hores de son⁴: els fitbits són capaços de monitoritzar les hores en que una persona es troba dormint a partir del moviment, és a dir, a la que una persona porti molta estona sense moure's, el rellotge assumirà que està dormint i començarà a mesurar aquelles hores com a hores dormides. Quan la persona es desperti amb algun moviment més brusc, el rellotge deixarà de contar hores dormides. La detecció de les fases del son⁵ es fa mitjançant la combinació de la monitorització de la freqüència cardíaca i el moviment. La fase lleugera del son es caracteritza per la disminució de la freqüència cardíaca i respiratòria. En la fase profunda del son en canvi, la freqüència cardíaca es normalitza, la freqüència respiratòria disminueix i els músculs es relaxen. Finalment, en la fase REM del son, la freqüència cardíaca augmenta i la respiració es torna més irregular, i els músculs segueixen relaxats, sobretot els del coll, els quals estan pràcticament inactius per tal de no reproduir les accions que se succeeixen als somnis, ja que la fase REM és en la que domina el subconscient i es produeixen els somnis.

⁴ (¿Cómo se monitoriza el sueño con mi dispositivo Fitbit?)

⁵ (¿Qué debo saber acerca de las fases del sueño?)

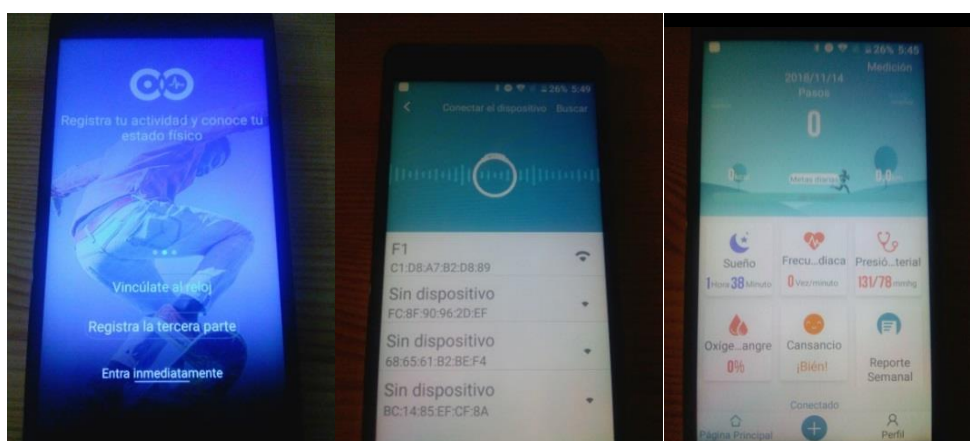


Imatge 86: mesura de la freqüència cardíaca amb el FitBit i l'aplicació WearFit 2.0

Imatge 87: mesura de les hores de son amb el FitBit i l'aplicació WearFit 2.0

Font: Meritxell Ferrer

- Aplicació “WearFit 2.0” o altres: aquesta aplicació permet vincular-te a un rellotge intel·ligent i enregistrar dins de l'aplicació les dades que va prenent el rellotge. A més, l'aplicació també et permet establir els teus objectius físics i comprovar l'estat del rellotge (bateria, connexió bluetooth, realitzar algunes funcions...). Aquesta aplicació pot enregistrar dades de freqüència cardíaca, pressió arterial, passos donats (km fets i kilocalories cremades, això va lligat als passos), hores dormides (fases del son dins de les hores dormides), nivell de cansament. Et fa un report setmanal del teu progrés o dels paràmetres amb valors límit i et permet fins i tot posar una alarma que fa vibrar el rellotge a la hora desitjada.



Imatge 88: aplicació WearFit 2.0

Imatge 89: opció de sincronització de l'aplicació WearFit 2.0 amb un rellotge intel·ligent via Bluetooth

Imatge 90: menú de l'aplicació WearFit 2.0 per tal de poder mirar les variables que enregistra el rellotge

Font: Meritxell Ferrer



5.2.1.3. Procediment

Els passos que s'han seguit per prendre les mesures de cada variable són:

1. Aconseguir 4 voluntaris disposats a alterar el seu horari o que ja l'alterin per la setmana d'exàmens o perquè treballen, però que d'alguna forma alterin el cicle del son.
2. Explicar com programar el fitbit per realitzar les mesures a cada hora i com funciona la mesura del son.
3. A una hora concreta començar a fer mesures (en el meu cas, vaig començar la pressa de mesures de tots els voluntaris a les 12 del migdia) i anotar-les en un Excel (un per persona).
4. Cada hora punta (a la una, les dues, les tres...) el rellotge prendrà noves mesures de la freqüència cardíaca que s'hauran d'anar passant als excels.
5. D'aquesta manera, a les 12 del matí al cap de quatre dies d'haver començat, ja es tenen totes les mesures més les hores dormides.
6. Un cop tots els valors es troben anotats en els excels, construïm gràfiques (una per variable i persona) incloent-hi la freqüència cardíaca del voluntari 2 de la primera part per tal de tenir una referència de com hauria de ser el cicle (concretament de la gràfica del voluntari 2 de la primera part fem anar el primer dia ja que és el que presenta més tendència sinusoïdal).
7. Un cop tenim els gràfics construïts, compararem el cicle teòric amb el cicle obtingut dels voluntaris, intentant justificar mitjançant les hores de son i la recerca bibliogràfica què passa en el cicle.

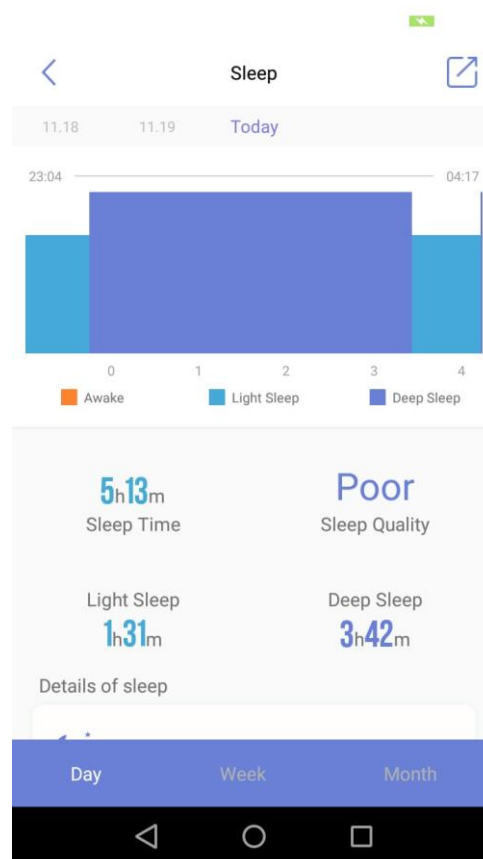
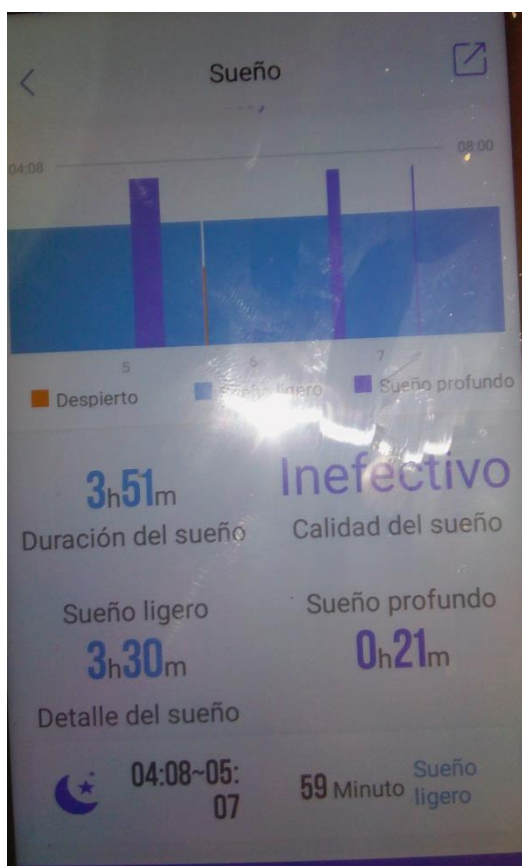


5.2.2. Resultats obtinguts, anàlisi i discussió

A continuació, s'explicarà de cada voluntari com es van alterar les seves hores de dormir i com es veu repercutit això en els valors de freqüència cardíaca.

Voluntari A

Els dies representats en el gràfic representen els dies d'estrès d'aquesta persona, és a dir, els dies en què per exàmens se n'anava a dormir més tard. No va variar la quantitat d'hores que dormia, que continuaven sent entre 3 i 5 hores, però no dorm en les hores que habituava a fer-ho, i això repercuteix en que li pugui costar més adormir-se o despertar-se.

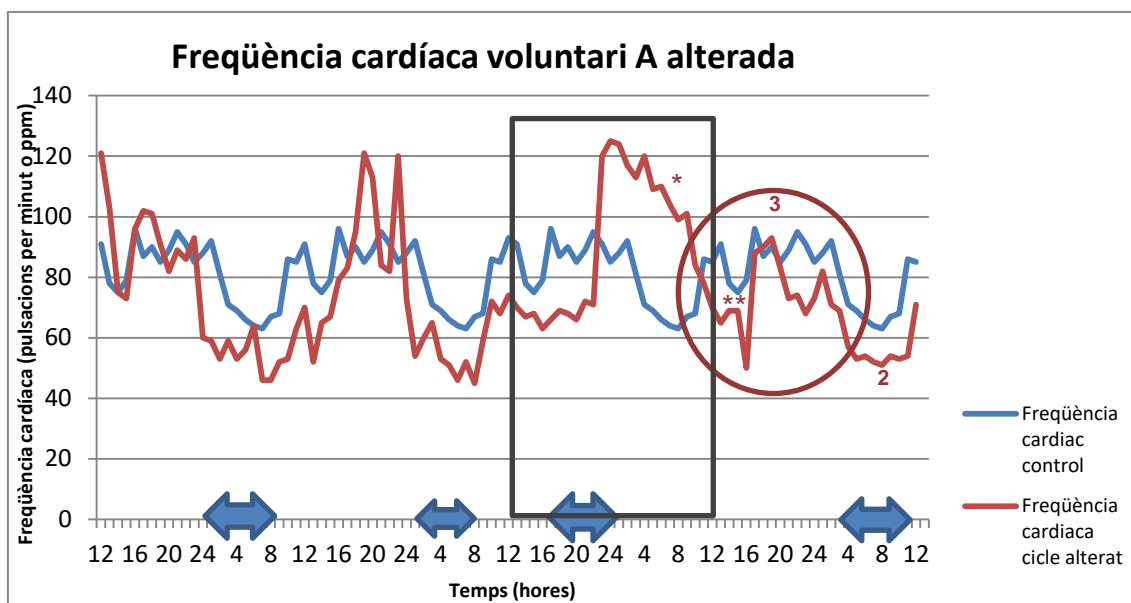


Imatge 91: exemple d'hores dormides en períodes d'estrès

Imatge 92: exemple d'hores dormides en períodes normals

Font: Meritxell Ferrer

En el següent gràfic podem veure dues sèries, la blava és la del voluntari 2 de la primera part que utilitzem de guia per saber com hauria de ser el cicle de la freqüència cardíaca. La sèrie vermella són les mesures de freqüència cardíaca del voluntari 1 d'aquesta part realitzades durant 4 dies durant un període d'estrès com podria ser la setmana d'exàmens.



Imatge 93: freqüència cardíaca del voluntari A durant 4 dies amb estrès

Font: Meritxell Ferrer

Del voluntari 1 podem veure que la seva sèrie no es correspon del tot amb el que hauria de fer el cicle, és a dir, hi ha punts on les mesures no fan el que haurien de fer teòricament. Observem a simple vista que les freqüències cardíacques tenen una amplitud molt més gran, ho fan entre 45 i 125 pulsacions per minut.

El més destacable es troba en el tercer dia, on podem veure que el cicle ha perdut la tendència sinusoidal ja que quan ha de descendir segueix augmentant arribant a un màxim força alt, degut a que el voluntari es va adormir per la tarda (1) i ja no va dormir fins al dia següent (2). Després del màxim, el cicle cau en picat (*) per intentar reajustar-se, també podem observar que intenta reajustar-se perquè l'oscil·lació que tocaria durant el quart dia durant les hores de llum és de menys hores que la del cicle teòric (3).

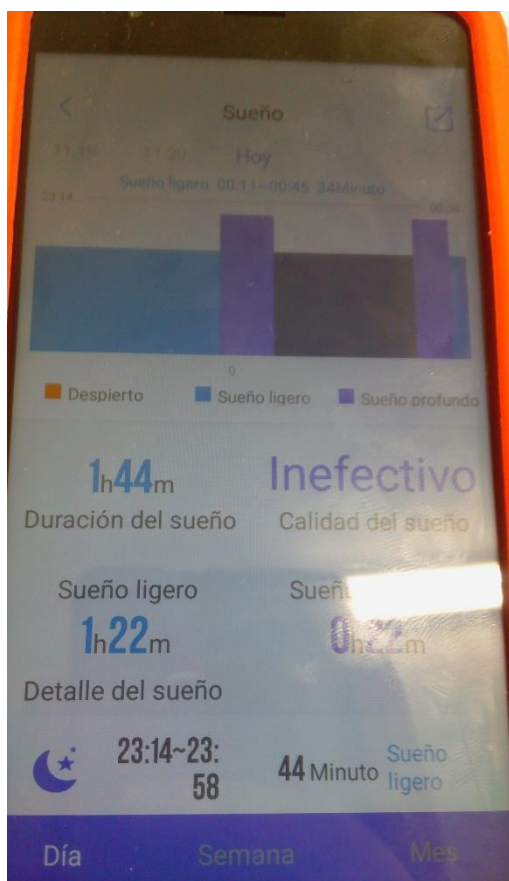
El que ens permet posar en hora el rellotge biològic és la llum solar, quan hi ha llum estem desperts i quan hi ha fosc dormim. Seguint aquest raonament, i el principi de què els cicles funcionen homeostàticament, és a dir les respostes cel·lulars s'anticipen als canvis que es poden produir, el rellotge intern detecta que les hores de llum s'acaben i malgrat que el nostre voluntari està despert descendeix continuadament la seva freqüència cardíaca (*). Cap a les 6-8 del matí hauria d'augmentar, però descendeix encara més bruscament ja que no ha descendit durant la nit tot el que hauria d'haver-ho fet, possiblement per fer el recorregut de freqüència que s'hauria fet mentre el voluntari estaria dormint (**). Cap a les 16 hores torna a ascendir per assolir la posició de freqüència que li toca pel moment del dia (quan augmenten les hores de llum, augmenta la freqüència).

La llum és un factor molt necessari per poder seguir els ritmes dels rellotges, ja que sinó es desfasen, com els passa a algunes persones cegues que no tenen unes cèl·lules especialitzades encarregades de captar la llum, per això quan portem horaris estranys amb la llum ens readaptem a la situació.

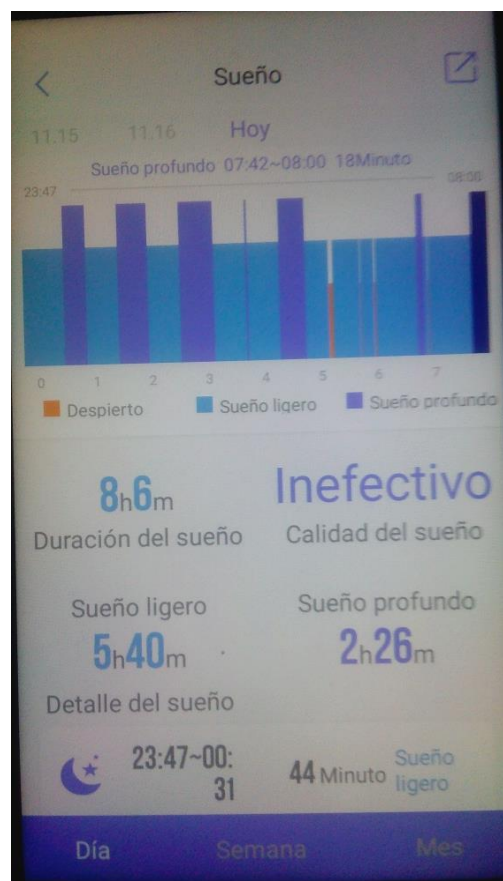


Voluntari B

Els dies representats en el gràfic representen els dies d'estrès d'aquesta persona, és a dir, es dies en què per exàmens se n'anava a dormir més tard. Aquesta persona, apart de disminuir el nombre d'hores que dormia (passa d'unes 7 o 8 hores a dormir entre 2 i 5 hores), també les desplaça, és a dir, se'n va a dormir entre les 20 i les 22 de la tarda i es lleva entre les 23 i les dues.



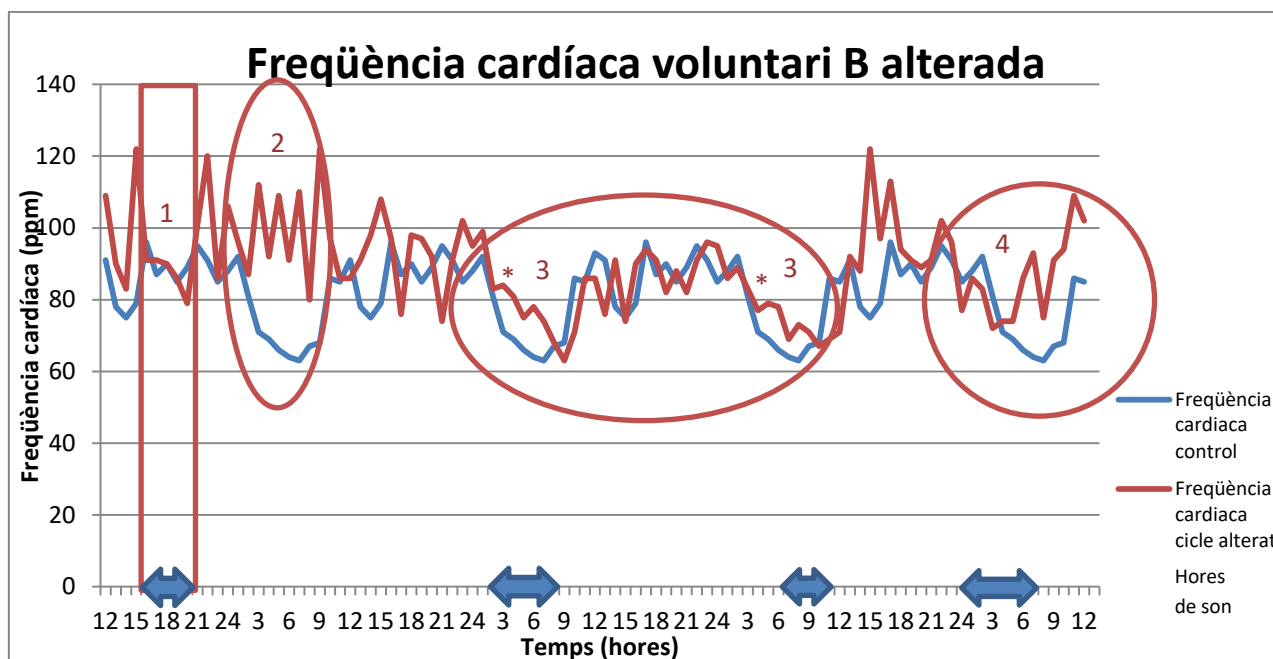
Imatge 94: exemple d'hores dormides en períodes d'estrès



Imatge 95: exemple d'hores dormides en períodes normals

Font: Meritxell Ferrer

En el següent gràfic podem veure dues sèries, la blava és la del voluntari 2 de la primera part que utilitzem de guia per saber com hauria de ser el cicle de la freqüència cardíaca. La sèrie vermella són les mesures de freqüència cardíaca del voluntari 2 d'aquesta part realitzades durant 4 dies durant un període d'estrès com podria ser la setmana d'exàmens.



Imatge 96: freqüència cardíaca del voluntari B durant el període d'estrès

Font: Meritxell Ferrer

Del voluntari B podem destacar el primer i l'últim dia. En el primer dia, podem veure com la gràfica descendeix de les 4 de la tarda a les 8, possiblement perquè el voluntari B estava fent una migdiada (1). A partir d'aquí, com que ja ha dormit per la tarda, no se'n va a dormir fins al dia següent. D'aquesta manera, la seva freqüència cardíaca s'altera i fa molts màxims i mínims en poques hores (2) (tot i que també podria ser fruit de l'estrès). El cicle, després de 2, segueix el seu curs normal, fa el que fa el cicle teòric, per molt que el voluntari no se'n vagi a dormir fins a la nit següent, i això es deu a que el rellotge es reajusta amb les hores de llum i segueix el cicle per la llum i no per l'activitat de la persona, és a dir, el cicle es posa en hora amb la llum, i per tant, al voluntari B no li baixarà la freqüència (és el que li tocava perquè no ho ha fet perquè no ha dormit durant la nit) sinó que se li readaptarà als valors del cicle teòric i al recorregut d'aquest.

Durant la primera nit el cicle s'altera completament ja que al no dormir la freqüència cardíaca no disminueix continuadament sinó que fa alts i baixos molt marcats (2).

Els 2n i 3r dia porta un horari una mica més normal ja que la freqüència segueix amb el seu cicle habitual malgrat que dorm menys hores ja que el cicle tarda una mica més en disminuir (3). Tot i que s'observa que comença a disminuir la freqüència cardíaca molt abans de que vagi a dormir degut al rellotge biològic (*).

El darrer dia podem veure com el cicle s'ha avançat (porta un desfasament en el moment de la baixada de freqüència, la nit, que ho fa abans) i això es deu a que la persona B se'n va anar a dormir abans, de tal forma que també es va llevar abans, i al llevar-se ja li va pujar la freqüència. (4)



Voluntari C

Els dies representats en aquest gràfic representen els dies d'estrès d'aquesta persona, és a dir, els dies en què per exàmens se n'anava a dormir més tard. Aquesta persona, apart de disminuir el nombre d'hores que dormia (passa d'unes 6, 7 o 8 hores, a dormir entre 0 i 2 hores), i les que dorm en períodes d'estrès, sempre les dorm entre les 11 quasi 12 i les 2.



Imatge 97: exemple 1 del voluntari C d'hores dormides durant un període d'estrès

Imatge 98: exemple 2 del voluntari C d'hores dormides durant un període d'estrès

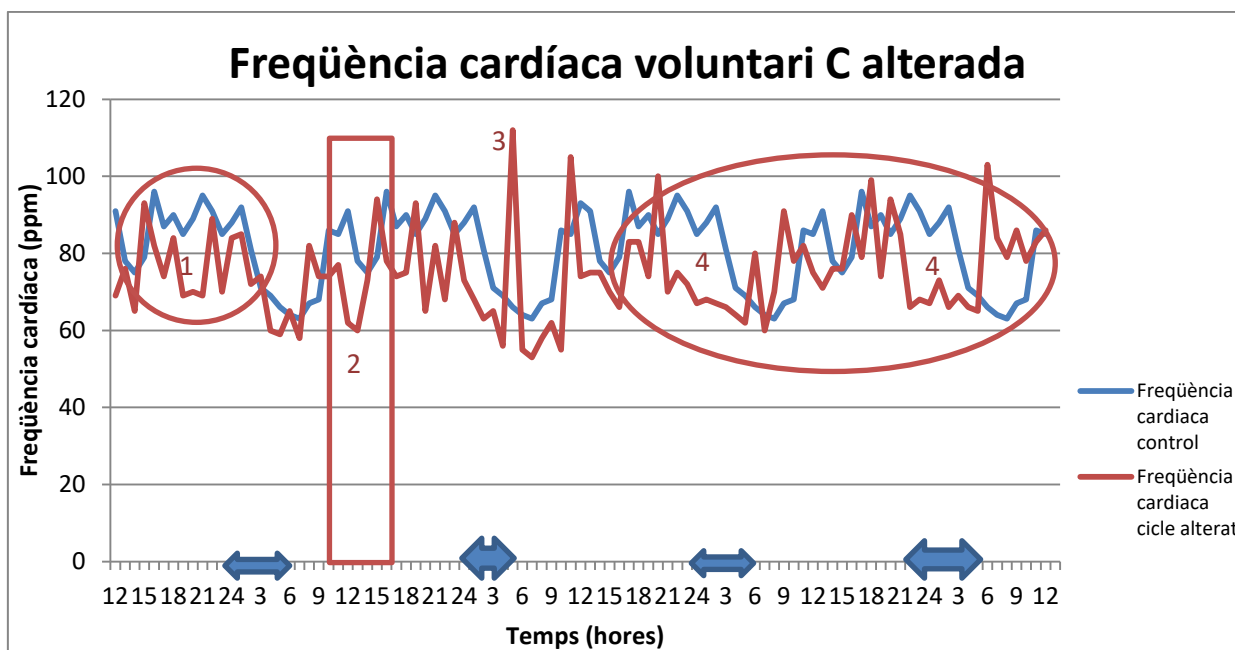
Font: Meritxell Ferrer



Imatge 99: exemple del voluntari C d'hores dormides durant un període normal

Font: Meritxell Ferrer

En el següent gràfic podem veure dues sèries, la blava és la del voluntari 2 de la primera part que fem anar de guia per saber com hauria de ser el cicle de la freqüència. La sèrie vermella són les mesures de freqüència cardíaca del voluntari C d'aquesta part realitzades durant 4 dies durant un període d'estrès com podria ser la setmana d'exàmens.



Imatge 100: freqüència cardíaca del voluntari C durant un període d'estrès

Font: Meritxell Ferrer

El primer dia podem veure com la freqüència cardíaca d'aquesta persona segueix majoritàriament el cicle teòric, però que en certs moments del dia, la freqüència li disminueix, com a mitja tarda, això es podria deure a que es troba en un moment de calma o de descans (potser es va adormir) (1).

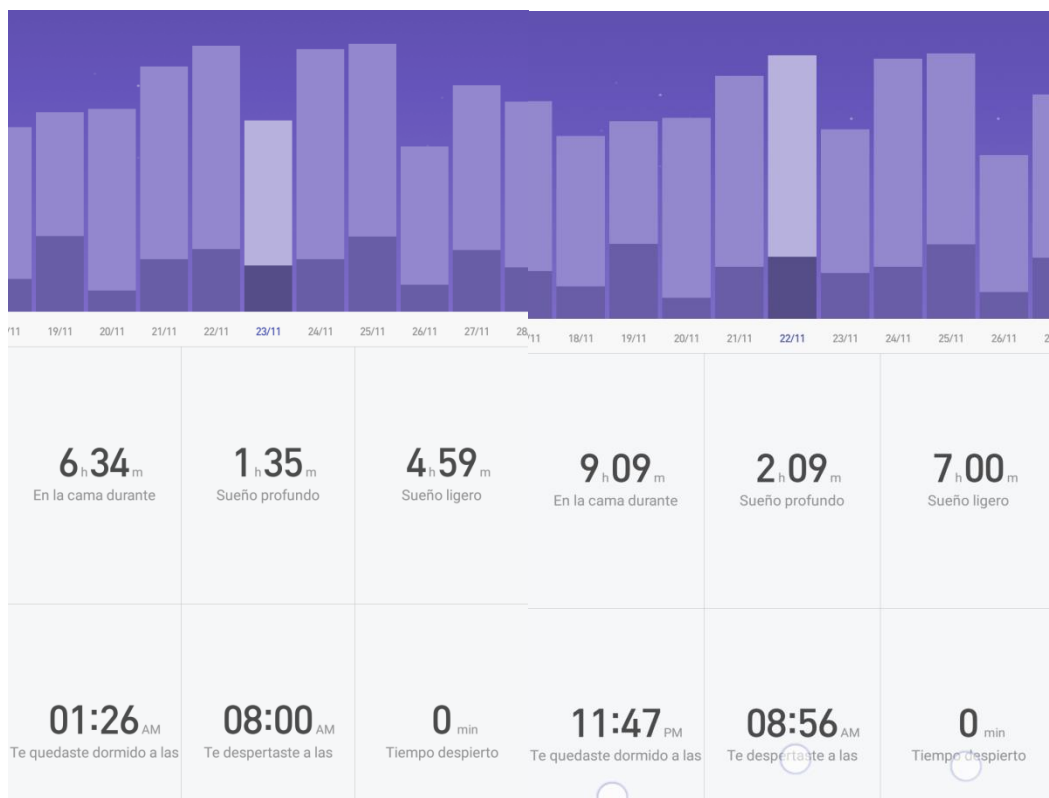
El segon dia podem observar com al principi del dia (sobre les dotze del migdia) aquesta persona té una descens de la freqüència cardíaca (2), i es justificaria perquè o bé es va relaxar després d'acabar els exàmens i al relaxar-se li va disminuir o bé a l'arribar a casa es va adormir, la qual cosa també pot fer disminuir la freqüència. També veiem que durant les hores de dormir d'aquest dia, en cert punt la freqüència li puja a 110 (3), i això es deu a que es va despertar repentinament d'un malson i estava espantat. Després torna a calmar-se i la freqüència li baixa perquè està relaxat (però ja no dorm, i quan comenci a estar actiu, li augmentarà).

En el tercer i quart dia podem veure un desfasament del cicle del son (4), és a dir, es troba corregut cap a l'esquerra (va avançat) però es realitza en els valors que li pertoqueu, i això es podria explicar tenint en compte que l'horari que segueix aquesta persona és l'escolar i el que seguia la persona de la que mirem el teòric es va fer sense un horari escolar, amb la qual cosa el cicle d'aquesta persona està desfasat però per adaptar-se a l'horari d'institut.



Voluntari D

Els dies representats en aquest gràfic representen els dies d'estrès d'aquesta persona, és a dir, els dies en què se n'anava a dormir més tard perquè treballa en torn de tarda-nit i acabava tard. Aquesta persona, en aquest dies disminueix també el nombre d'hores de son (passa d'unes 8 o 9 hores a dormir entre 6 i 7 hores).

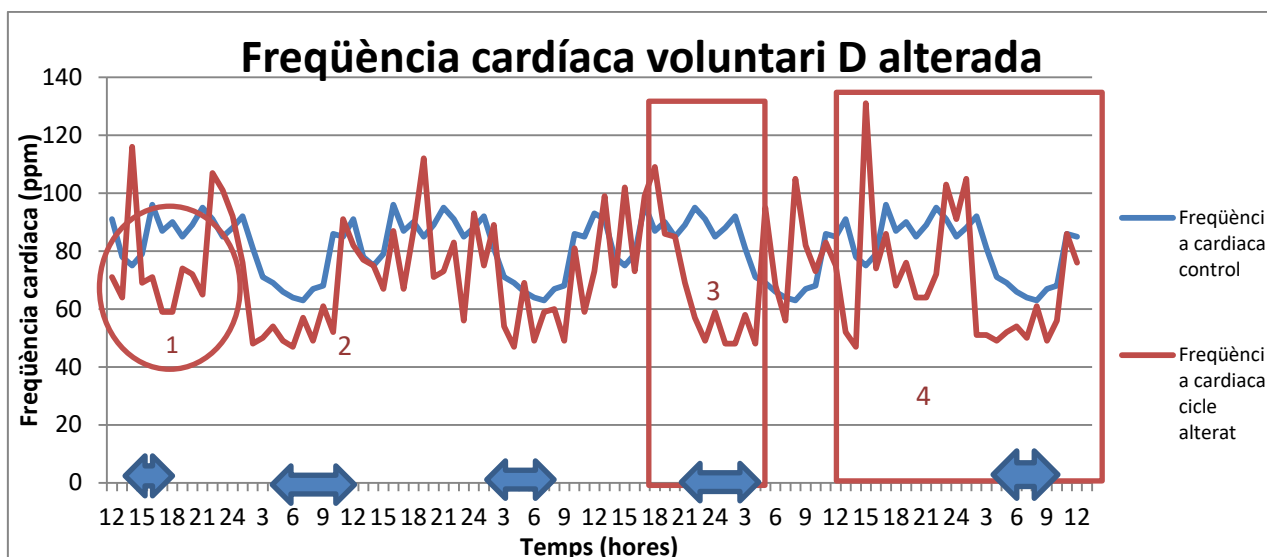


Imatge 101: exemple del voluntari D d'hores dormides en un període d'estrès

Imatge 102: exemple del voluntari D d'hores dormides en un període normal

Font: Meritxell Ferrer

En el següent gràfic podem veure dues sèries, la blava és la del voluntari 2 que utilitzem de control i la sèrie vermella són les mesures de freqüència cardíaca del voluntari D d'aquesta part realitzades durant 4 dies durant un període d'estrès.



Imatge 103: freqüència cardíaca del voluntari D durant un període d'estrès

Font: Meritxell Ferrer

D'aquesta persona podem destacar que el primer dia durant la tarda presenta una freqüència cardíaca una mica baixa (1) ja que estava dormint perquè havia d'anar a treballar després. Mentre treballa s'estressa i per aquest motiu li puja la freqüència cardíaca i es manté elevada, fins que a l'acabar de treballar (a les dues del matí) cau en picat ja que està dormint i la freqüència es manté baixa mentre dorm (2).

El segon dia es caracteritza per seguir el cicle teòric amb algunes pujades que es podrien deure a moments en què està fent accions que poden estressar-lo o perquè fa activitat física i llavors li puja la freqüència, i amb algunes baixades que corresponen a moments de més calma.

El tercer dia presenta un desfasament a les 5 (3) de la tarda ja que la persona se'n va anar a dormir, ja que se sentia cansat i es trobava malament. Dorm fins a les 5 del matí, a partir d'aquí la freqüència presenta moltes alteracions. Aquest dia també treballava, veiem un augment excessiu a les quatre de la tarda de la freqüència, això és degut a què mentre treballa s'estressa amb facilitat, per la qual cosa, la freqüència li augmenta considerablement. Després sembla que es relaxa una mica i les pulsacions tornen a uns paràmetres de valors normals. Després li augmenta per l'estrès però no tant com abans, fins que al arribar a casa se'n va a dormir i li baixa a freqüència de cop, adaptant-se als valors en els que s'hauria de trobar (4). Així veiem com el propi cos, intenta ajustar-se i tornar als valors en els que s'hauria de trobar, i d'això se n'encarreguen els ritmes circadianis. Tot i que veiem clarament l'efecte del treball per torns en el desajust dels ritmes circadianis i les pujades i baixades excessives de la freqüència cardíaca.



5.2.3. Conclusions

Els objectius d'aquest part eren observar si en funció de trobar-se en una situació d'estrès o no, els adolescents de la mostra dormien menys o no i quins efectes podia provocar en l'alteració dels ritmes circadianis aquestes poques hores de son.

Hem pogut observar que no tothom altera el nombre d'hores de son, és el cas del voluntari A, qui dorm el mateix nombre d'hores però no necessàriament en el mateix horari, la qual cosa també afecta als ritmes circadianis. Els efectes de no dormir en el moment que marca el nostre rellotge biològic no es poden recuperar tot i que dormim hores més tard.

Altres persones el que fan és reduir el nombre d'hores de son però de tal forma que el que encara dormen una quantitat gran d'hores malgrat que siguin inferiors a les recomanades (5 o 6 hores), però fent-ho de forma molt desordenada la qual cosa afecta molt al rellotge intern (seria el cas del voluntari D). Finalment, hi ha qui pràcticament passa a dormir un terç o un quart del que dorm quan no està en períodes d'estrès (com el voluntari B) o que directament passa a no dormir res (com algunes vegades fa el voluntari C).

Les principals alteracions que hem vist en l'organisme a partir dels cicles de freqüència cardíaca són que el no dormir altera els cicles de tal forma que o bé es desfasen, és a dir, deixen d'estar sincronitzats amb el rellotge solar, o bé fan que les mesures dels paràmetres estudiats (la freqüència cardíaca en aquest cas) es desplacin de manera exagerada del que serien els valors normals en els que s'haurien de trobar.



5.3. Higiene de la son

- ***Quines conseqüències té a curt i llarg termini aquest desajust del cicle del son?***
- ***Com podria una persona prevenir les alteracions del cicle del son?***

Aquesta part es basarà en la recerca bibliogràfica per raonar i respondre els objectius anteriors.

L'alteració dels horaris del son sol comportar com a principal conseqüència falta de son, ja que aquesta alteració no permet al cos descansar les hores suficients i necessàries. Aquesta alteració es pot fer:

- ✓ durant períodes curts com podria ser un viatge a un lloc amb horari solar molt diferent, el fenomen associat a això s'anomena jet-lag. Un cas més proper als adolescents seria el canvi d'horaris que s'apliquen a ells mateixos en períodes com la setmana d'exàmens, en la qual dormen menys o no dormen directament, a part de que incrementen moltíssim el consum d'estimulants.
- ✓ o es pot fer durant períodes prolongats de temps, com passa amb la gent que treballa en torns de nit.

L'efecte més immediat d'una alteració de les hores de son és sentir-se més cansat. Dormir⁶, afavoreix la creació de connexions neuronals i permet estalviar energia, per tant, quan no es dorm i tenim falta de son, afavorim la pèrdua de neurones i en algunes malalties com l'Alzheimer, el no dormir afavoreix al seu desenvolupament. Metabòlicament, no dormir augmenta el risc de patir obesitat i diabetis ja que s'acumula més sucre en sang ja que al no dormir es perd la sensibilitat a la insulina. En homes també pot provocar que baixin els nivells de testosterona i disminuint la qualitat de l'esperma.

A curt termini⁷, les conseqüències més directes de la falta de son són:

- Disminució de l'atenció durant el dia
- La memòria i la capacitat cognitiva es tornen deficientes
- Es duplica el risc de patir una lesió ocupacional
- El sistema immunològic es torna deficient
- Augmenta la pressió arterial
- Augmenta el risc de patir atacs de cor
- Augmenta el risc de patir una apoplexia
- Augmenta el risc de patir depressió
- Augmenta el risc de mortalitat

⁶ (Yanes, 2016)

⁷ (El sueño, trastornos y consecuencias, 2011)



A llarg termini, les conseqüències poden arribar a ser el desenvolupament d'alguns trastorns del son, els quals afecten a la qualitat i desenvolupament del cicle del son, ja que fan dormir en excés o en dèficit. Algunes són:

- Hipersòmnia idiopàtica: es dorm en excés sense causa concreta, i es té somnolència diürna.
- Narcolèpsia: les persones que la pateixen, s'adormen de forma sobtada en qualsevol lloc i moment.
- Apnea del son: és un trastorn molt greu ja que provoca que durant les hores en què es dorm, la persona pari de respirar perquè les vies es fan més estretes o es bloquegen.
- Insomni: impedeix la conciliació del son per períodes llargs de temps, de tal forma que a vegades les persones que el pateixen s'estan llargs períodes de temps sense dormir.
- Insomni Familiar Fatal (IFF)⁸: és un trastorn causat per una proteïna defectuosa que es rebel·la en contra de l'organisme, i provoca un procés irreversible i que de moment no té cura, que consisteix en una privació completa del son, al·lucinacions, pèrdua de pers, incapacitat per parlar i caminar, aïllament de la realitat i finalment, la mort, que apareix entre 7 i 36 mesos després dels primers símptomes.

Les formes⁹ de **prevenir les alteracions del cicle** del son són:

- Mantenir rutines. D'aquesta manera en s'ajustem amb el cicle de 24 hores de l'entorn, ajudant-nos a tenir una major predisposició a dormir durant les hores de foscor i a estar desperts en les hores de llum. També ens permet mantenir els nostres ritmes interns més regulats.
- Llum i foscor. Hem d'afavorir a que la llum del nostre entorn es correspongui amb la llum de la natura, és a dir, si és de nit, evitar les llums molt potents ja que estem donant al cos un missatge erroni del moment del dia que ens trobem. En moments de desajust, la llum solar és clau ja que ens permet sincronitzar el nostre rellotge biològic amb el solar, posant el rellotge en hora. La foscor és necessària per tal de fer un descans de qualitat i que el cos pugui fer les seves funcions nocturnes.
- Exercici físic. Per millorar la qualitat de vida, es recomana practicar exercici físic, però des de la cronologia es recomana realitzar-lo a la mateixa hora i amb temps de relaxació posterior.
- Contactes socials. Les activitats amb la societat, que permetin relacionar-te amb altres persones i que es facin en un horari concret, són importants perquè permeten posar en hora el rellotge.
- Menjar. Tenir uns horaris de menjades concret ajuda a mantenir regularitat, i per tant, a posar el rellotge en hora, ja que ens ha d'indicar que tenim gana (i preparar el cos per a la ingesta de menjar).
- Estimulants. No consumir-ne en moments abans d'anar a dormir ja que el que faran és activar el sistema nerviós quan s'hauria d'estar relaxant.

⁸ (Yanes, 2016)

⁹ (CAMBRAS & DÍEZ, 2014)



- Migdiades. Evitar les que siguin molt llargues ja que el cos no podrà assolir el descans ideal durant la nit.



6. CONCLUSIONS FINALS

El treball es troba dividit en dues parts que volien contestar un total de 7 plantejaments.

En la primera part, **Demostrant l'existència dels cicles circadianis**, volíem respondre:

- ***Com varien determinats paràmetres del cos humà al llarg del dia? D'aquestes mesures se'n pot establir un cicle o ritme?***

La majoria dels paràmetres mesurats, a excepció de la rapidesa de reacció que va al revés, concentren els valors màxims durant les hores de llum i els mínims durant les hores de foscor, quan dormim.

De les mesures de la freqüència cardíaca, la pressió arterial, la temperatura, la força de les mans i la rapidesa de reacció hem pogut establir un cicle o ritme, que correspon al d'una funció sinusoidal. Hem pogut també calcular el període, que havia de resultar proper a les 24 hores, i que en el nostre cas ha estat així. L'error relatiu més gran al calcular el període és del 17,3% i el més petit és de 1,03%.

En la segona part, **És dormir tan important com sembla?**, volíem contestar:

- ***Quins són els hàbits de son dels adolescents de l'Institut ?***

La tendència general dels voluntaris de la mostra és dormir les hores suficients però que s'aproximen més a dormir poc que a dormir molt i més de la meitat fa migdiades. Dormen una mitjana de 7,43 hores entre setmana i 8,5 en caps de setmana, front les entre 8 i 10 recomanades en aquesta edat, per tant, entre setmana es dorm de mitja una quantitat inferior d'hores.

La majoria menja de forma habitual abans d'anar a dormir, en canvi només un terç es pren estimulants de forma regular o fan esport. Aquests paràmetres no ajuden a l'organisme, és a dir, menjar, prendre estimulants o fer esport abans d'anar a dormir, altera alguns dels cicles biològics com el metabòlic o el del sistema nerviós, de tal forma que no afavoreixen a un bon descans, per això s'ha d'evitar fer-les l'estona abans d'anar a dormir.

L'última activitat més freqüent és l'ús del telèfon mòbil, seguit de fer deures i mirar la televisió. Que l'última activitat més típica entre els adolescents amb el percentatge més elevat sigui utilitzar el mòbil, és una dada preocupant ja que significa que els voluntaris dormen amb el mòbil a prop de tal forma que reben radiacions electromagnètiques que dificulten el poder conciliar el son i s'exposen a la brillantor de les pantalles que els pot desvetllar en un moment.

- ***Com són els adolescents de l'Institut: matutins o vespertins?***

De la mostra, la tendència és ser vespertí (42%) el resultat més esperat tenint en compte que la mostra eren adolescents i que amb aquesta edat, la vida nocturna és imprescindible, tan per raons d'estudi com per raons socials.



- ***Com varien les hores de son-vigília i els ritmes circadianis en els períodes d'exàmens dels adolescents d'entre 16 i 18 anys?***

Hem pogut observar que no tothom altera el seu cicle (només el redistribueix); hi ha persones que el que fan és reduir el nombre d'hores de son però sense deixar de dormir suficient. Però en ambdós casos els efectes de no dormir en el moment que marca el nostre rellotge biològic no es poden recuperar tot i que dormin hores més tard.

Hi ha d'altres que passen a dormir un terç o un quart del que ho fan quan no estan en períodes d'estrès, o que directament passen a no dormir res. Això no només afecta al seu rellotge biològic i per tant a tot l'organisme, sinó que l'altra raó per la qual tenim son és perquè mentre dormim fem les activitats de restauració del cos, és a dir, regenerem teixits i eliminem substàncies de rebuig de l'organisme, però si no es dorm, aquesta restauració no es realitza i s'acumulen substàncies que haurien d'excretar-se a les cèl·lules provocant son i cansament.

- ***Quins efectes sobre l'organisme pot comportar l'alteració del cicle del son en una persona?***

Les principals alteracions que hem vist en l'organisme a partir dels cicles de freqüència cardíaca són que el no dormir altera els cicles de tal forma que o bé es desfasen, és a dir, deixen d'estar sincronitzats amb el rellotge solar, o es desdibuixen, o bé fan que les mesures es desplacin de manera exagerada dels marges entre els que s'haurien de trobar.

- ***Quines conseqüències té a curt i llarg termini aquest desajust del cicle del son?***

Alteracions del metabolisme i de la qualitat del son a curt termini, o desenvolupar trastorns greus que afecten el son i a com es dorm.

- ***Com podria una persona prevenir les alteracions del cicle del son?***¹⁰

Les podria prevenir tenint una bona higiene del son (com per exemple no menjant ni fer esport abans d'anar a dormir), evitant les migdiades llargues i mantenint uns horaris regulars.

Penso que aquest treball podria obrir línies d'investigació posteriors com podrien ser l'estudi de determinats paràmetres en persones afectades amb algun condicionant o trastorn del seu cicle circadiari (treball per torns, jet-lag, insomni, Alzheimer,...) per tal de poder determinar quins s'alteren i com podria el saber això millorar les condicions del trastorn. Una altra possibilitat seria proposar una metodologia per crear mecanismes que ajudessin a recuperar la normalitat en persones que partissin d'un cicle alterat.

Durant la realització d'aquest treball, alguns dels problemes amb els que ens vam tenir que enfrontar van ser la mesura dels paràmetres de la freqüència cardíaca, la pressió arterial, la temperatura, la força de les mans i la rapidesa de reacció dos dies seguits; ja que mentre la persona a qui se li prenen mesures dormia, l'autora d'aquest treball s'havia de quedar desperta esperant per fer-les. Altres dificultats amb les que ens hem trobat pel camí han sigut com determinar si una persona era vespertina o matutina, ja

¹⁰ (CAMBRAS & DÍEZ, 2014)



que s'havien de tenir molts factors en compte, però en la bibliografia tampoc s'especificaven uns marges concrets.

Per últim, la meva conclusió personal d'aquest treball és que a part de tots els coneixements apresos durant la realització d'aquest sobre els cicles circadianis, el son, etc., m'ha servit com a experiència personal per desenvolupar-me i aprendre altres coses, com diversos programes informàtics. Amb aquest treball, també he pogut obtenir una visió totalment nova sobre el son i la seva importància, i una persona com jo, que porta un horari molt desendreçat i que cada dia dorm durant unes hores diferents, saber les conseqüències que pot tenir a curt i llarg termini, m'ha fet entendre que necessito un canvi.



7. REFERÈNCIES

CAMBRAS, T.; DíEZ, A. (2014). *Ritmes de la vida, Els. Com la cronobiologia ens ajuda a viure millor*. 2 ed. [S.l.] Edicions Universitat Barcelona. ISBN: 9788447537983.

Esgigmomanòmetre. [S.l.] [s.n.] [consultat: 11/08/2018]. Disponible a Internet: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Esgigmomanòmetre>

Pulsòmetre. [S.l.] [s.n.] [consultat: 11/08/2018]. Disponible a Internet: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Pulsòmetre>

Termòmetre. [S.l.] [s.n.] [consultat: 11/08/2018]. Disponible a Internet: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Termòmetre>.

Dinamòmetre. [S.l.] [s.n.] [consultat: 11/08/2018]. Disponible a Internet: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Dinamòmetre>

Aplicació "Reflex Test". Ja no disponible per descarregar.

Aplicació "WearFit 2.0" Disponible a Play Store (és gratuïta).

¿Cómo se monitoriza el sueño con mi dispositivo Fitbit? (s.f.). Obtenido de FITBIT. Soporte: https://help.fitbit.com/articles/es/Help_article/1314 [consultat: 23/12/2018]

¿Qué debo saber acerca de las fases del sueño? (s.f.). Obtenido de FITBIT. Soporte: https://help.fitbit.com/articles/es/Help_article/2163 [consultat: 02/01/2019]

CAMBRAS, T., & DíEZ, A. (2014). *Ritmes de la vida, Els. Com la cronobiologia ens ajuda a viure millor*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona. [consultat:02/01/2019]

El son en funció de l'edat. (12 de abril de 2016). Obtenido de ICSaludable: <https://icspromociosalut.wordpress.com/2016/04/12/el-son-en-funcio-de-ledat/> [consultat: 23/12/2018]

El sueño, trastornos y consecuencias. (07 de 09 de 2011). Obtenido de ALTO NIVEL: <https://www.altonivel.com.mx/estilo-de-vida/12555-el-sueno-las-consecuencias-y-trastornos/> [consultat: 13/12/2018]

Yanes, J. (03 de 03 de 2016). *Esto es lo que la falta de sueño le hace a tu cuerpo*. Obtenido de EL HUFFINGTON POST: https://www.huffingtonpost.es/2015/03/01/consecuencias-falta-sueno_n_6676338.html [consultat: 06/01/2019]



8. ÍNDEX D'IMATGES

<i>Imatge 1: Paràmetres d'una funció sinusoidal.</i>	5
<i>Imatge 2: Exemples de ritmes biològics del cos humà</i>	5
<i>Imatge 3: Exemple de ritme circadiari i de ritme anual.</i>	7
<i>Imatge 4: : Diferències entre un cicle de son-vigília normal i un cicle de son-vigília en curs lliure.</i>	10
<i>Imatge 5: Llocs on es produeixen els cicles circadianis biològics en humans.</i>	11
<i>Imatge 6: Esquema dels principals components del sistema circadiari.</i>	12
<i>Imatge 7: El sentit de la vista té dues funcions: la visió i una no formadora d'imatges que serveix entre d'altres funcions per posar en hora el rellotge biològic.</i>	13
<i>Imatge 8: Classificació de les persones segons l'hora a la que s'adormen i es desperten.</i>	17
<i>Imatge 9: Els NSQ regulant el cicle de son-vigília i regulen els ritmes de la resta de tot el cos.</i>	18
<i>Imatge 10: Característiques d'alguns ritmes durant diferents hores del dia.</i>	20
<i>Imatge 11: Gràfic que representa la quantitat d'hores de son necessàries (eix de les y) en funció de l'edat d'una persona (eix de les x).</i>	22
<i>Imatge 12: El planeta dividit segons els fusos horaris.</i>	23
<i>Imatge 13: Les 24 hores del dia</i>	26
<i>Imatge 14: mesura de freqüència cardíaca amb un FitBit.</i>	29
<i>Imatge 15: mesura de la pressió arterial amb un FitBit</i>	29
<i>Imatge 16: aplicació WearFit 2.0.</i>	30
<i>Imatge 17: opció de sincronització de l'aplicació WearFit 2.0 amb un rellotge intel·ligent via Bluetooth.</i>	30
<i>Imatge 18: menú de l'aplicació WearFit 2.0 per tal de poder mirar les variables que enregistra el rellotge</i>	30
<i>Imatge 19: termòmetre emprat durant l'experimentació</i>	30
<i>Imatge 20: dinamòmetre emprat durant l'experimentació</i>	30
<i>Imatge 21: aplicació Reflex Test per mesurar la rapidesa de reacció.</i>	31
<i>Imatge 22: primer mode de l'aplicació Reflex Tets, mesura de la rapidesa de reacció pel canvi de color.</i>	31
<i>Imatge 23: segon mode de l'aplicació Reflex Test, mesura de la rapidesa de reacció per l'emissió d'un so</i>	31
<i>Imatge 24: tercer mode de l'aplicació Reflex Test, mesura de la rapidesa de reacció per la vibració de l'aparell</i>	32
<i>Imatge 25: quart mode de l'aplicació Reflex Test, mesura pel canvi de color de 12 quadrats en un ordre específic</i>	32
<i>Imatge 26: memòria de l'aplicació Reflex Test on consultar els resultats obtinguts en qualsevol dels 4 modes</i>	32
<i>Imatge 27: freqüència cardíaca del voluntari 2.</i>	34
<i>Imatge 28: freqüència cardíaca del voluntari 2 només del primer dia</i>	35
<i>Imatge 29: freqüència cardíaca del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	35
<i>Imatge 30: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la freqüència cardíaca del voluntari 2</i>	36
<i>Imatge 31: errors de la funció sinusoidal de la freqüència cardíaca del voluntari 2</i>	36
<i>Imatge 32: pressió arterial màxima i mínima del voluntari 2.</i>	37
<i>Imatge 33: pressió arterial màxima i mínima només del primer dia</i>	38
<i>Imatge 34: pressió arterial màxima del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	38
<i>Imatge 35: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la pressió arterial màxima del voluntari 2</i>	39
<i>Imatge 36: pressió arterial mínima del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	40
<i>Imatge 37: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la pressió arterial mínima del voluntari 2.</i>	40
<i>Imatge 38: errors de la funció sinusoidal de la pressió arterial mínima del voluntari 2.</i>	40
<i>Imatge 39: temperatura del voluntari 4</i>	42



<i>Imatge 40: temperatura del voluntari 4 només del primer dia</i>	<i>43</i>
<i>Imatge 41: Temperatura del voluntari 4 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	<i>43</i>
<i>Imatge 42: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la temperatura del voluntari 4.....</i>	<i>43</i>
<i>Imatge 43: errors de la funció sinusoidal de la temperatura del voluntari 4</i>	<i>43</i>
<i>Imatge 44: força de la mà dreta del voluntari 2.....</i>	<i>45</i>
<i>Imatge 45: força de la mà esquerra del voluntari 2</i>	<i>45</i>
<i>Imatge 46: força de la mà dreta del voluntari 2 només del primer dia</i>	<i>46</i>
<i>Imatge 47: força de la mà esquerra del voluntari 2 només el primer dia.....</i>	<i>46</i>
<i>Imatge 48: força de la mà dreta del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	<i>47</i>
<i>Imatge 49: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la força de la mà dreta del voluntari 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Imatge 50: força de la mà esquerra del voluntari 2 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	<i>48</i>
<i>Imatge 51: valors dels paràmetres i errors de la funció sinusoidal de la força de la mà esquerra del voluntari 2</i>	<i>48</i>
<i>Imatge 52: rapidesa de reacció del voluntari 4</i>	<i>49</i>
<i>Imatge 53: rapidesa de reacció del voluntari 4 només del primer dia.....</i>	<i>49</i>
<i>Imatge 54: rapidesa de reacció del voluntari 4 aplicada a la funció matemàtica sinusoidal</i>	<i>50</i>
<i>Imatge 55: valors dels paràmetres de la funció sinusoidal de la rapidesa de reacció del voluntari 4</i>	<i>50</i>
<i>Imatge 56: errors de la funció sinusoidal de la rapidesa de reacció del voluntari 4.....</i>	<i>50</i>
<i>Imatge 57: taula de l'anàlisi del voluntari 1</i>	<i>60</i>
<i>Imatge 58: taula de l'anàlisi del voluntari 2</i>	<i>61</i>
<i>Imatge 59: taula de l'anàlisi del voluntari 3</i>	<i>62</i>
<i>Imatge 60: taula de l'anàlisi del voluntari 4</i>	<i>63</i>
<i>Imatge 61: taula de l'anàlisi del voluntari 5</i>	<i>64</i>
<i>Imatge 62: taula de l'anàlisi del voluntari 6</i>	<i>65</i>
<i>Imatge 63: taula de l'anàlisi del voluntari 7</i>	<i>66</i>
<i>Imatge 64: taula de l'anàlisi del voluntari 8</i>	<i>67</i>
<i>Imatge 65: taula de l'anàlisi del voluntari 9</i>	<i>68</i>
<i>Imatge 66: taula de l'anàlisi del voluntari 10</i>	<i>69</i>
<i>Imatge 67: taula de l'anàlisi del voluntari 11</i>	<i>70</i>
<i>Imatge 68: taula de l'anàlisi del voluntari 12</i>	<i>71</i>
<i>Imatge 69: taula de l'anàlisi del voluntari 13</i>	<i>72</i>
<i>Imatge 70: taula de l'anàlisi del voluntari 14</i>	<i>73</i>
<i>Imatge 71: taula de l'anàlisi del voluntari 15</i>	<i>74</i>
<i>Imatge 72: taula de l'anàlisi del voluntari 16</i>	<i>75</i>
<i>Imatge 73: taula de l'anàlisi del voluntari 17</i>	<i>76</i>
<i>Imatge 74: taula de l'anàlisi del voluntari 18</i>	<i>77</i>
<i>Imatge 75: taula de l'anàlisi del voluntari 19</i>	<i>78</i>
<i>Imatge 76: percentatges dels individus classificats en vespertins, matutins, indefinits o amb tendències</i>	<i>79</i>
<i>Imatge 77: percentatge de la mostra que fa o no fa migdiades</i>	<i>79</i>
<i>Imatge 78: quin tipus de persones (matutins, vespertins...) tendeix a fer més migdiades.....</i>	<i>80</i>
<i>Imatge 79: quantitat d'hores que dormen els voluntaris de la mostra entre setmana i en caps de setmana</i>	<i>80</i>
<i>Imatge 80: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra mengen durant les dues hores abans d'anar a dormir</i>	<i>81</i>
<i>Imatge 81: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra prenen estimulants abans d'anar-se'n a dormir</i>	<i>81</i>
<i>Imatge 82: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra dormen amb el llum encès</i>	<i>82</i>



<i>Imatge 83: freqüència amb la que els voluntaris de la mostra fan esport durant les dues hores abans d'anar-se'n a dormir</i>	<i>82</i>
<i>Imatge 84: les últimes activitats més freqüents en els voluntaris de l'Institut</i>	<i>83</i>
<i>Imatge 85: mesura de la freqüència cardíaca amb el FitBit i l'aplicació WearFit 2.0.....</i>	<i>87</i>
<i>Imatge 86: mesura de les hores de son amb el FitBit i l'aplicació WearFit 2.0.....</i>	<i>87</i>
<i>Imatge 87: aplicació WearFit 2.0.....</i>	<i>87</i>
<i>Imatge 88: opció de sincronització de l'aplicació WearFit 2.0 amb un rellotge intel·ligent via Bluetooth..</i>	<i>87</i>
<i>Imatge 89: menú de l'aplicació WearFit 2.0 per tal de poder mirar les variables que enregistra el rellotge</i>	<i>87</i>
<i>Imatge 90: exemple d'hores dormides en períodes d'estrès.....</i>	<i>89</i>
<i>Imatge 91: exemple d'hores dormides en períodes normals</i>	<i>89</i>
<i>Imatge 92: freqüència cardíaca del voluntari A durant 4 dies amb estrès</i>	<i>90</i>
<i>Imatge 93: exemple d'hores dormides en períodes d'estrès</i>	<i>91</i>
<i>Imatge 94: exemple d'hores dormides en períodes normals</i>	<i>91</i>
<i>Imatge 95: freqüència cardíaca del voluntari B durant el període d'estrès.....</i>	<i>92</i>
<i>Imatge 96: exemple 1 del voluntari C d'hores dormides durant un període d'estrès</i>	<i>93</i>
<i>Imatge 97: exemple 2 del voluntari C d'hores dormides durant un període d'estrès.....</i>	<i>93</i>
<i>Imatge 98: exemple del voluntari C d'hores dormides durant un període normal</i>	<i>93</i>
<i>Imatge 99: freqüència cardíaca del voluntari C durant un període d'estrès</i>	<i>94</i>
<i>Imatge 100: exemple del voluntari D d'hores dormides en un període d'estrès.....</i>	<i>95</i>
<i>Imatge 101: exemple del voluntari D d'hores dormides en un període normal.....</i>	<i>95</i>
<i>Imatge 102: freqüència cardíaca del voluntari D durant un període d'estrès</i>	<i>96</i>



9. AGRAÏMENTS

Després de tota la feina feta amb aquets treball, és difícil no mirar endarrere i pensar en quan pensava que no s'acabaria mai, que no ho aconseguiria a temps. Per això, és important fer menció a totes les persones que han posat el seu granet de sorra per a què aquesta recerca sigui una realitat.

Primer de tot, vull donar les gràcies a [REDACTED], la tutora d'aquest treball de recerca, sense qui no hagués sigut possible fer que aquesta recerca sortís a la llum. Agraeixo les seves idees sobre com podríem plantejar i fer el treball, les solucions i alternatives que proposava; li agraeixo la seva constància durant tot el temps que he estat fent aquesta recerca.

Agrair també a totes les persones que han participat com a voluntaris en aquesta recerca sense esperar res a canvi, i s'han deixat utilitzar de conillets d'índies. Sense tots ells, la majoria de les parts experimentals no s'haguessin pogut realitzar.

Donar gràcies també als professionals de la Unitat del Son de l'Hospital Santa Maria, qui van donar suport i ajuda al projecte sempre que es va necessitar i van proposar la idea de la que va sorgir la metodologia de la primera part.

Donar gràcies també al meu tutor del projecte Itinera [REDACTED], qui va fer la projecció inicial de què podria ser el treball i va donar-me accés a la Unitat del Son de l'Hospital Santa Maria i a tot el seu equip de professionals.

Menció important als familiars, qui no s'han cansat de repetir-me que podia aconseguir finalitzar el treball. Gràcies.

A tots vosaltres, gràcies per haver format part d'aquesta recerca i tot el que ha comportat. Moltes Gràcies.

